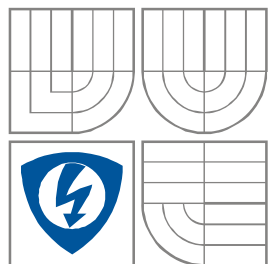


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

MONITOROVACÍ SYSTÉM PRO MALÉ ELEKTRÁRNY

MONITORING SYSTEM FOR SMALL POWER PLANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR THESIS

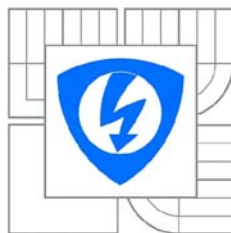
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN VĚLIM

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVIZOR

Ing. ZBYNĚK FEDRA, Ph.d.

BRNO, 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Jan Vélím
Ročník: 3

ID: 106868
Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Monitorovací systém pro malé elektrárny

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte systém řízený mikrokontrolérem pro monitorování malých elektráren. Definujte požadované veličiny ke snímání a navrhněte odpovídající senzory a jejich zapojení. Navrhněte způsob řízení spojky, ukládání dat a napájení celého zařízení.

Realizujte a otestujte jednotlivé dílčí bloky. Vyhodnoťte parametry daného zařízení možnosti zobrazení a logování informací.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] MATOUŠEK, D. Práce s mikrokontroléry Atmel AVR. BEN - technická literatura, Praha, 2003.
- [2] MANN, B. C pro mikrokontroléry. BEN - technická literatura, Praha, 2003.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 27.5.2011

Vedoucí práce: Ing. Zbyněk Fedra, Ph.D.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

V bakalářské práci je popsán návrh monitorovacího systému pro malé elektrárny. Před generátorem jsou snímány otáčky mechanického pohonu, pomocí nichž mikrokontrolér ATtiny2313 vyhodnotí připojení, nebo odpojení ovladače spojky. Za generátorem jsou snímány hodnoty napětí a proudu, které mikrokontrolér ATmega8 převede na digitální hodnoty a pošle přes sériovou linku do hlavní jednotky. V hlavní jednotce jsou data zpracovávána, zobrazena na grafickém LCD a ukládána do externí paměti EEPROM.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mikrokontrolér, AVR, ATmega16, LCD, snímač, AVR Studio.

ABSTRACT

The paper describes the design of a monitoring system for small power plants. The rotational speed of the mechanical drive of the generator is measured with an ATtiny2313 microcontroller which evaluates the speed and decides whether to connect or disconnect the coupling driver. Behind the generator voltage and current values are measured which the ATmega8 microcontroller converts into digital data and sends through a serial link to the main unit. The data are processed in the main unit, displayed on a graphic LCD screen and saved in an external EEPROM memory.

KEYWORDS

Microcontroller, AVR, ATmega16, LCD, sensor, AVR Studio.

VÉLIM, J. *Monitorovací systém pro malé elektrárny* . Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. 72 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Zbyněk Fedra, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svůj semestrální projekt na téma Monitorovací systém pro malé elektrárny jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedeného semestrálního projektu dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto semestrálního projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Zbyňku Fedrovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc, za přenášený optimismus při řešení překážek a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Děkuji doc. Ing. Jiřímu Šebestovi, Ph.D. za ochotnou pomoc při ožiování zařízení. Děkuji Jansovým za snahu udělat mou bakalářskou práci čitelnější. Velmi děkuji rodičům za materiální a hlavně morální podporu.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Obsah	vi
Seznam obrázků	ix
Seznam tabulek	xi
Úvod	1
1 HLAVNÍ JEDNOTKA	3
1.1 Mikrokontrolér	3
1.1.1 Výběr mikrokontroléru	3
1.1.2 ATmega16	4
1.1.3 Systémové hodiny	5
1.1.4 Vnější resetování	6
1.2 Zobrazovač LCD	6
1.2.1 Modul ATM12864D	7
1.2.2 Programování zobrazovače	9
1.3 Externí paměť	9
1.3.1 EEPROM AT24C512B	10
1.3.2 Rozhraní I ² C (TWI)	10
1.3.3 Programování komunikace s pamětí	11
1.4 Napájení	11
2 JEDNOTKA - SNÍMÁNÍ FREKVENCE, SPÍNÁNÍ OVLADAČE SPOJKY	13
2.1 Snímač kmitočtu	13
2.2 Mikrokontrolér ATtiny2313	14
2.2.1 Popis ATtiny2313	14
2.2.2 Užití ATtiny2313	16
2.3 Spínač ovládání spojky	16
3 JEDNOTKA – SNÍMÁNÍ ELEKTRICKÝCH VELIČIN	17
3.1 ATmega8	17
3.1.1 Popis a programování A/D převodníku	18
3.2 Snímač proudu	19

3.2.1	ACS712.....	19
3.3	Snímač napětí	21
3.3.1	LV 25-P.....	21
4	KOMUNIKACE MEZI HLAVNÍ JEDNOTKOU A PERIFERIEMI	24
4.1	Komunikační standard RS485.....	24
4.2	Rozhraní USART	25
4.3	Programování komunikace s periferiemi	28
5	PROGRAMOVÁNÍ	30
5.1	Vývojové diagramy	30
5.1.1	Vývojový diagram Hlavní jednotky	30
5.1.2	Vývojový diagram jednotky SF-SOS	31
5.1.3	Vývojový diagram jednotky SEV.....	32
5.2	Vytvoření programu v AVR Studiu	32
5.3	Programátor	34
5.4	Nahrání programu do mikrokontroléru.....	34
6	OŽIVENÍ A TESTOVÁNÍ	37
6.1	Oživení	37
6.2	Teoretické parametry a vlastnosti.....	37
6.3	Testované parametry a vlastnosti.....	38
6.3.1	Test měření kmitočtu	38
6.3.2	Test měření výkonu	39
6.4	Možnosti inovace.....	41
7	Závěr	42
	Literatura	43
	Seznam symbolů, veličin a zkratek	44
	Seznam příloh	45
A	Návrh zařízení	46
A.1	Návrh zařízení Hlavní jednotky – deska 1.....	46
A.1.1	Obvodové zapojení.....	46
A.1.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek)	47
A.1.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů).....	48

A.2	Návrh zařízení Hlavní jednotky – deska 2.....	49
A.2.1	Obvodové zapojení.....	49
A.2.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek)	50
A.2.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů).....	50
A.3	Návrh zařízení jednotky snímání frekvence a spínání ovládání spojky – deska 1	51
A.3.1	Obvodové zapojení.....	51
A.3.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek)	53
A.3.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů).....	53
A.4	Návrh zařízení jednotky snímání frekvence a spínání ovládání spojky – deska 2	54
A.4.1	Obvodové zapojení.....	54
A.4.2	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů).....	54
A.5	Návrh zařízení jednotky snímání elektrických veličin	55
A.5.1	Obvodové zapojení.....	55
A.5.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek)	56
A.5.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů).....	57
B	Seznam součástek	58
B.1	Seznam součástek – Hlavní jednotky	58
B.2	Seznam součástek – jednotky snímání frekvence a spínání ovládání spojky	59
B.3	Seznam součástek – jednotky snímání elektrických veličin.....	60

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1:	Blokové schéma monitorovacího systému malé elektrárny.....	1
Obr. 1.1:	Blokové schéma Hlavní jednotky.	3
Obr. 1.2:	Pouzdra a vývody mikrokontroléru ATmega16 (převzato z [2]).....	4
Obr. 1.3:	Pouzdra a vývody mikrokontroléru ATmega16 (převzato z [2]).....	6
Obr. 1.4:	Zapojení resetování ATmegy16 (převzato z [1]).....	6
Obr. 1.5:	Propojení ATM12864D s MCU (převzato z [3]).....	8
Obr. 1.6:	Paměť AT24C512B (převzato z [6]).	10
Obr. 1.7:	Blokové schéma propojení jednotek rozhraním I ² C.	11
Obr. 1.8:	Schéma bloku napájení.	12
Obr. 2.1:	Blokové schéma jednotky - snímání kmitočtu, spínání ovládání spojky.....	13
Obr. 2.2:	Schéma snímání kmitočtu (převzato z [7]).	13
Obr. 2.3:	Pouzdra a vývody mikrokontroléru ATtiny2313 (převzato z [8]).	15
Obr. 2.4:	Schéma spínání ovládání spojky.....	16
Obr. 3.1:	Blokové schéma jednotky – snímání elektrických veličin.....	17
Obr. 3.2:	Pouzdro s popsány vývody MCU ATmega8 (převzato z [10]).	17
Obr. 3.3:	Registr ADMUX (převzato z [10]).	18
Obr. 3.4:	Registr ADCSRA (převzato z [10]).	18
Obr. 3.5:	Závislost výstupního napětí na snímaném proudu u ACS712 – 20A (převzato z [8]).....	20
Obr. 3.6:	Závislost výstupního napětí na snímaném proudu u ACS712 – 20A (převzato z [8]).....	20
Obr. 3.7:	Snímače LV 25-P (převzato z [14,15]).	21
Obr. 3.8:	Schéma zapojení LV 25-P (převzato z [14]).	23
Obr. 3.9:	DC/DC měnič AM1D-0512DZ (převzato z [16]).	23
Obr. 4.1:	Pouzdra IO MAX488 (převzato z [10]).	24
Obr. 4.2:	Schéma propojení jednotek MSME.	25
Obr. 4.3:	Registr UCSRA (převzato z [2]).	25
Obr. 4.4:	Registr UCSRB (převzato z [2]).	26
Obr. 4.5:	Registr UCSRC (převzato z [2]).	26
Obr. 4.6:	Blokové schéma jednotky USART (převzato z [2]).	27
Obr. 4.7:	Blokový diagram systému komunikace mezi jednotkami MSME pomocí rozhraní UART.	28

Obr. 4.8:	Formát bitového rámce používaného ke komunikaci po UARTu.	29
Obr. 5.1:	Vývojový diagram Hlavní jednotky.....	31
Obr. 5.2:	Vývojový diagram jednotky SF-SOS.	32
Obr. 5.3:	Vývojový diagram jednotky Snímání elektrických veličin.	32
Obr. 5.4:	Ukázka psaní programu v AVR Studiu.	33
Obr. 5.5:	Podokno při nahrávání programu do MCU.	35
Obr. 5.6:	Nastavení zdroje hodinového signálu.	36
Obr. 5.7:	Nahrání zdrojového kódu s příponou hex.....	36
Obr. 6.1:	Blokové schéma postupu při ožiování.	37
Obr. 6.2:	Test měření kmitočtu.	38
Obr. 6.3:	Zobrazení naměřené hodnoty kmitočtu.	39
Obr. 6.4:	Schéma zapojení pro měření výkonu.....	39
Obr. 6.5:	Test měření výkonu.....	40
Obr. 6.6:	Zobrazení naměřené hodnoty výkonu.....	41

SEZNAM TABULEK

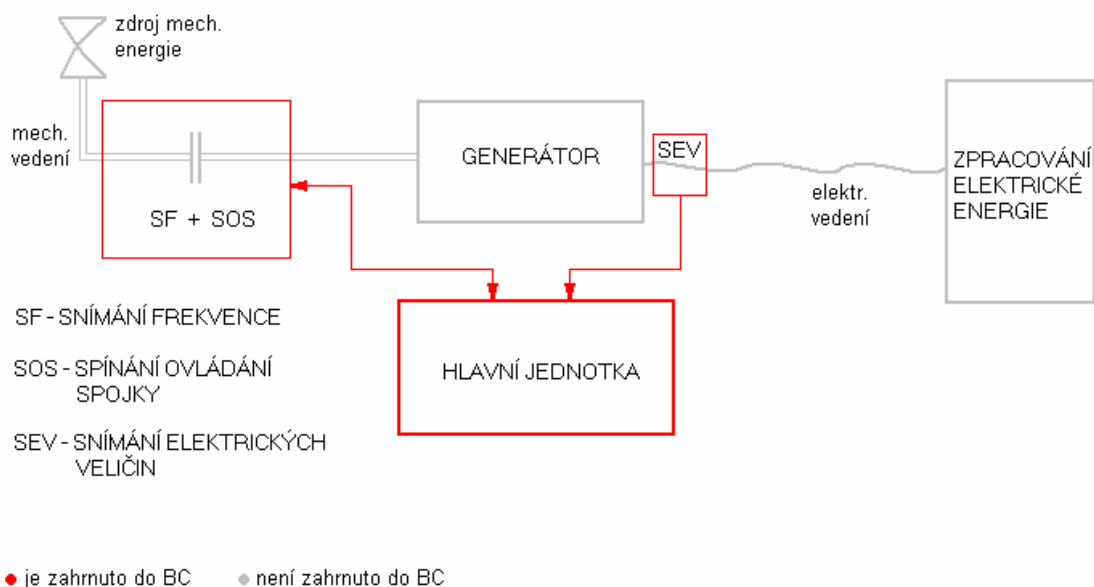
Tab. 1.1:	Zdroje hodinového signálu pro MCU ATmega16	5
Tab. 1.2:	Popis vývodů modulu ATM12864D (převzato z [3]).....	8
Tab. 1.3:	Výpis možností parametru <i>tags</i> funkce <i>draw_text</i>	9
Tab. 1.4:	Popis vývodů paměti AT24C1024B.	10
Tab. 2.1:	Zdroje hodinového signálu pro MCU ATmega16	15
Tab. 3.1:	Popis vývodů snímače proudu ACS712.	20
Tab. 3.2:	Popis vývodů DC/DC měniče AM1D-0512DZ.....	23
Tab. 4.1:	Popis vývodů IO MAX488(pozn. v závorce je uvedeno s čím se daný pin propojuje).	24

ÚVOD

Téma monitorovací systém pro malé elektrárny jsem si vybral, jelikož se hojně vyskytují malé větrné nebo vodní elektrárny. Méně však systémy, které by dokázaly zhodnotit, jak efektivní takové elektrárny mohou být. Tato práce určitě nepředstavuje postup, na jehož konci je výrobek průmyslové kvality, ale spíše univerzální prototyp, který lze snadno přetvořit ke konkrétní aplikaci.

Obecně se předpokládá, že tuto práci budou číst lidé již alespoň z části zasvěcení do světa elektrotechniky a proto některé oblasti práce nebudou vysvětlovány do elementárních skutečností. Práce však je napsána tak, aby mohla posloužit jako návod nebo inspirace i pro nadšence, kteří se dosud nezabývají mikroprocesorovou technikou. Také lze využít pouze některé kapitoly bez nutnosti číst celý dokument. Protože o některých skutečnostech je psáno vícekrát, jsou k usnadnění orientace a zestručnění textu uvedeny odkazy na příslušná místa.

Názornějším porozumění, k čemu monitorovací systém pro malé elektrárny (MSME) slouží a jaké funkce zahrnuje, pomůže blokové schéma na obrázku Obr. 1.



Obr. 1: Blokové schéma monitorovacího systému malé elektrárny.

Celý MSME je tvořen třemi bloky. Snímání frekvence a spínání ovládání spojky tvoří jeden blok, který je popsán v kapitole 2. Obsahuje mikrokontrolér ATtiny2313, pomocí něhož dochází přímo k vyhodnocování, při jakém kmitočtu ovládání spojky sepně, nebo rozepte. Informace o kmitočtu jsou posílány do hlavní jednotky.

Dalším blokem MSME je snímání elektrických veličin, který je popsán v kapitole 3. Blok je umístěn za generátor. Obsahuje snímače, pomocí kterých získáváme údaje o aktuálním proudu a aktuálním napětí. Analogová data jsou přijata mikrokontrolérem ATmega8, který je posílá v digitální podobě do hlavní jednotky.

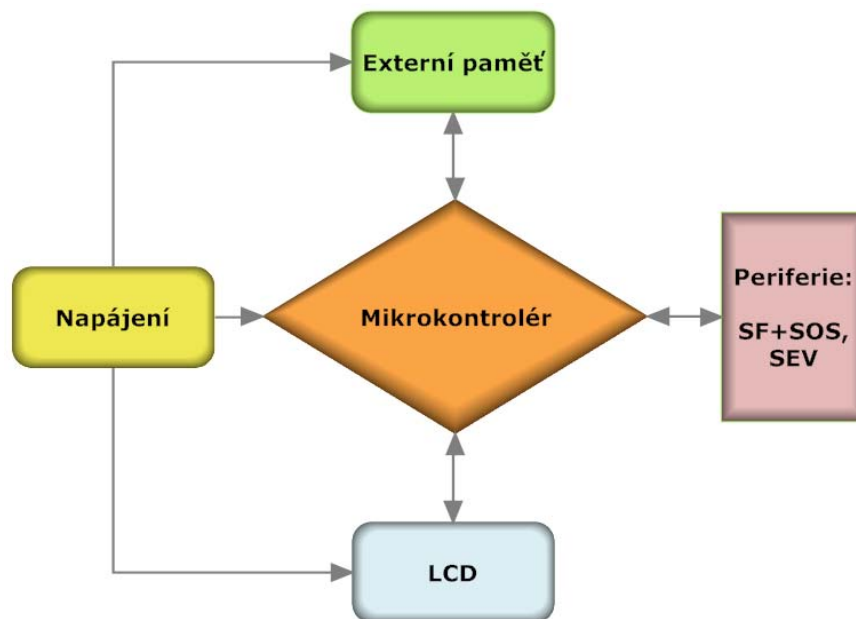
Hlavní jednotka je popsána v kapitole 1. Zde tvoří mozek mikrokontrolér ATmega16, který přijímaná data od periférií (SEV, SF + SOS) zpracuje, zobrazí na LCD zobrazovači a ukládá do paměti. Komunikaci mezi bloky MSME je uskutečněno pomocí sériové linky, která je popsána v kapitole 4.

Pátá kapitola je nazvána PROGRAMOVÁNÍ. Není v ní však program napsán, nýbrž popsán pomocí vývojových diagramů. V této kapitole se čtenář také dozví, jakým způsobem program vytvořit a posléze nahrát z počítače do mikrokontroléru.

V šesté kapitole je popsáno testování zhotoveného zařízení. Schémata a návrhy na výrobu celého zařízení jsou k dispozici v přílohách.

1 HLAVNÍ JEDNOTKA

Hlavní jednotka je tělem celého monitorovacího systému pro malé elektrárny. Ostatní části MSME jsou v podstatě periferiemi hlavní jednotky. Hlavní jednotka je znázorněna pomocí blokového schématu na Obr. 1.1.



Obr. 1.1: Blokové schéma Hlavní jednotky.

1.1 Mikrokontrolér

Mikrokontrolér (MCU) často nazýváme také jednočipový mikropočítač. Z tohoto označení je již patrnější, že komponenty (bloky), které obsahuje mikropočítač (výpočetní jednotka, generátor hodinového signálu, datové a programové paměti - RAM, FLASH, EEPROM, A/D převodník, čítače/časovače, obvody komunikačních rozhraní - SPI, USART, TWI), jsou umístěny všechny na jednom čipu.

Pomocí mikrokontrolérů si dnes usnadňujeme život, kde je to jen možné. Jedná se většinou o řízení jednodušších aplikací, na které dostačuje se svou hardwarovou výbavou a u kterých by bylo zbytečné používat výkonných mikroprocesorových jednotek, nebo naopak neekonomické vyrábět méně výkonné součástky v málo kusech.

1.1.1 Výběr mikrokontroléru

Výběr mikrokontroléru je často unáhlený. Dalo by se říci, že by to měla být až poslední část daného systému, o které se bude rozhodovat. V tom případě by neměla nastat situace, že MCU bude mít málo pinů pro periferie, nebo nebude obsahovat některý z potřebných bloků (viz. kapitoly 1.1, 1.1.2) pro danou aplikaci.

Často výrazně rozhoduje při výběru mikrokontroléru předchozí zkušenosti s danou

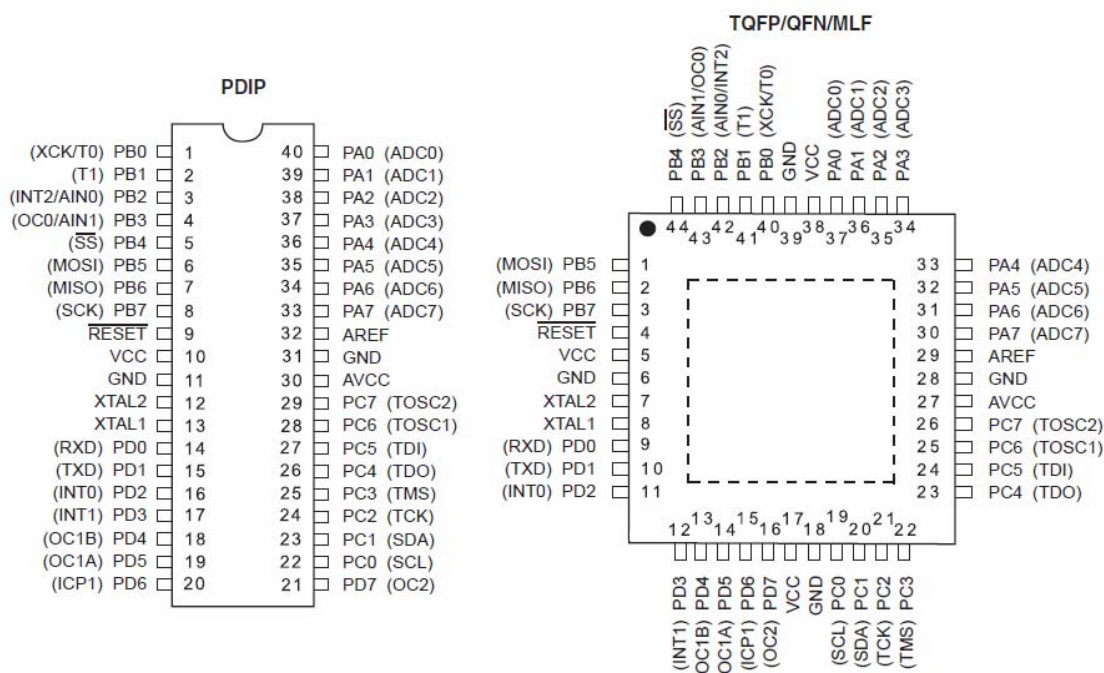
rodinou MCU. Tato skutečnost výrazně ovlivnila výběr MCU pro MSME, kde byly zvoleny ATmega16, ATmega8, ATtiny2313, jelikož se stejnou rodinou MCU probíhala výuka v předmětu Mikroprocesorová technika. Jejich vlastnosti, na základě kterých bylo rozhodnuto o jejich použití, jsou popsány v podkapitolách 1.1.2, 2.2.1, 3.3.

1.1.2 ATmega16

Mikrokontrolér ATmega16 patří do rodiny mikrokontrolérů AVR s architekturou RISC. Pracuje s 8bitovými instrukcemi (8bitová datová sběrnice). Číslo 16 značí, že mikroprocesor disponuje 16kB programovou pamětí Flash.

Vybrané vlastnosti mikrokontroléru ATmega16:

- **Pouzdra a vývody** – ATmega16 se vyskytuje ve více mutacích pouzder, což dává pohodlnější možnost výběru do dané aplikace. Ve většině případů rozhoduje možnost vynětí MCU, což umožňuje pouzdro PDIP40, nebo je potřeba mít DPS co nejmenší, na což jsou vhodnější pouzdra TQFP44, MLF44, QFN44 (Obr. 1.2).



Obr. 1.2: Pouzdra a vývody mikrokontroléru ATmega16 (převzato z [2]).

- **Výkon** – je přímo závislý na taktovací frekvenci systémových hodin. ATmega16 dosahuje výkonu až 16 MIPS (milion instrukcí za sekundu) v případě, že je použit vnější 16MHz krystalový oscilátor. Takového výkonu je dosaženo proto, že ATmega16 umí provést výkonné instrukce v jediném strojovém cyklu.
- **Synchronizace a taktovací kmitočet** – ATmega16 má na výběr z 5 zdrojů hodinového signálu, které jsou uvedeny v tabulce Tab. 1.1.

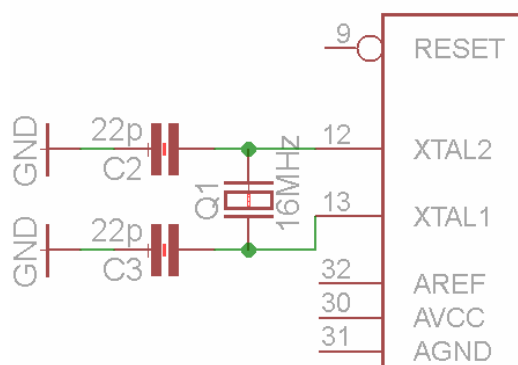
Tab. 1.1: Zdroje hodinového signálu pro MCU ATmega16

Zdroj synchronizace	Popis
kalibrovaný vnitřní RC oscilátor	je přednastaven jako výchozí, nabízí kmitočty nominálních hodnot 1,2,4 a 8 MHz
vnější krystal nebo oscilátor	nabízí možnost využití kmitočtu až 16 MHz
vnější nízkofrekvenční krystal	
vnější RC oscilátor	méně přesný jak vnější krystal, dosahuje kmitočtu až 12 MHz
vnější hodiny	

- **Rozhraní** – ATmega16 obsahuje více jednotek pomocí, kterých může komunikovat s okolím (jinými MCU, paměťmi, programátorem,...). Jednotka SPI, jednotka USART, jednotka TWI (I²C).
- **Napájení** – ATmega16 jsou vyráběny pro napájení 2,7 až 5,5 V a pro napětí 4,5 až 5,5 V.
- **Paměti** – MCU řady AVR mají harvardskou architekturu, která se vyznačuje odděleným paměťovým prostorem pro data a pro program. ATmega16 disponuje 16 kB Flash programovou pamětí, datovou pamětí RAM 1 kB a datovou pamětí EEPROM o velikosti 512 B.
- **A/D převodník, komparátor** – ATmega16 ve výbavě nepostrádá ani 10bitový A/D převodník, který umožňuje mikrokontroléru zpracování (měření) různých analogových veličin, které jsou převedeny na hodnotu napětí. K podobným účelům lze použít také analogový komparátor, ke kterému vedou vstupy AIN0 a AIN1 (Obr. 1.2), přičemž lze programově zvolit, zdali se budou porovnávat právě tyto dva vstupy, nebo zdali se vstup AIN1 bude porovnávat s referenčním napětím.
- **Čítač/časovač** – ATmega16 obsahuje dva 8bitové čítače/časovače a jeden 16bitový čítač/časovač. Čítač je obvod počítající impulzy z vnějšího zdroje signálu. Časovač počítá impulzy taktovacího kmitočtu MCU, po napočítání do určitého počtu se nastavují příslušné registry, které jsou využívány dále programově.

1.1.3 Systémové hodiny

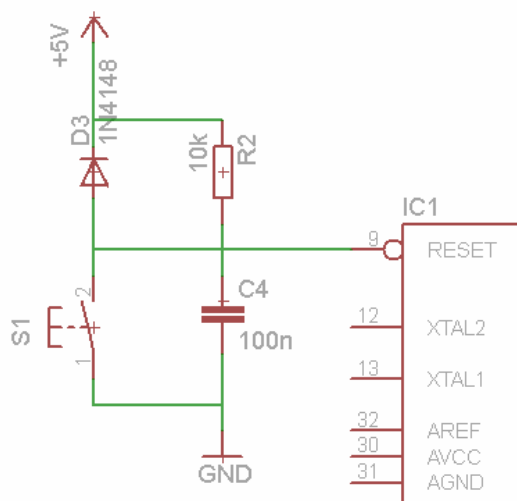
Jako zdroj hodinového signálu, který vytváří taktovací kmitočet pro jádro procesoru a zajišťuje synchronizaci mezi bloky MCU (viz. 1.1), je použit vnější krystalový oscilátor. Lze s ním dosáhnout frekvence až 16 MHz a je také výrazněji přesnější než vnitřní RC oscilátor. Oscilátor se připojuje mezi mikrokontrolér a zem, se kterou je spojen přes kondenzátory, jak naznačuje Obr. 1.3.



Obr. 1.3: Pouzdra a vývody mikrokontroléru ATmega16 (převzato z [2]).

1.1.4 Vnější resetování

Vnější resetování není nezbytnou součástí proto, aby aplikace s mikrokontrolérem pracovala správně. Ve většině aplikací je však zařazena. Nabízí obsluhu kultivovaný způsob, jak obnovit činnost mikrokontroléru při softwarové poruše. Při absenci tlačítka vnějšího resetu by musela být celá jednotka odpojena od zdroje, což vždy nemusí vyhovovat všem komponentům. Řešení zapojení resetovací tlačítka k mikrokontroléru je znázorněno na obrázku Obr 1.4.



Obr. 1.4: Zapojení resetování ATmegy16 (převzato z [1]).

1.2 Zobrazovač LCD

Zobrazovače slouží pro komunikaci od daného systému k uživateli. V aplikaci MSME hraje zobrazovač stěžejní úlohu, jelikož znázornění naměřených výsledků je smyslem celé aplikace. Z toho důvodu byl vybrán LCD zobrazovač.

Takových displejů je na trhu velké množství. LCD nelze spojit s mikrokontrolérem přímo. Potřebují řídicí obvod, který je nazýván řadičem. Ve většině případů je řadič přímo integrován do modulu displeje. Řadič převezme od MCU informaci, ze které určí, jaké body na zobrazovací ploše displeje budou rozsvíceny a

které ponechá zhaslé, aby byl vykreslen správný obrazec (znak). Řadiče jsou vyráběny různými výrobci a jsou určeny vždy pro danou velikost displeje.

Kritéria výběru LCD:

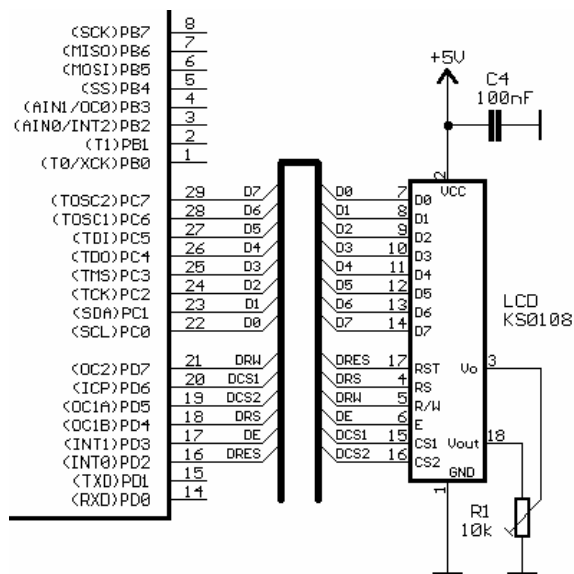
- **TYP – alfanumerické (znakové)** displeje zobrazují pouze alfanumerické znaky, které jsou tvořeny maticí bodů (např. 5x7 bodů na znak). U většiny takových displejů lze však doprogramovat několik libovolných znaků.
 - **grafické** displeje jsou schopné zobrazit libovolný obrazec spojitě přes celé zobrazovací pole.
- **VELIKOST** – z konstrukčního hlediska je důležitá velikost celého modulu, která se udává v milimetrech. Z uživatelského hlediska nás zajímá velikost zobrazované plochy v milimetrech. K tomu je důležité znát u **grafických** displejů rozlišení v pixelech, to je počet zobrazovacích bodů ve sloupci krát počet bodů v řádku. Grafické displeje jsou vyráběny ve velikostech 128x64, 240x128 nebo 320x240. Velikost zobrazovacího bodu (pixelu) určuje jemnost zobrazení. U alfanumerických displejů je z uživatelského hlediska důležité kolik znaků displej dokáže zobrazit. Toto číslo se udává ve tvaru např. 16x2, což značí, že daný displej obsahuje dva řádky a v každém z nich dokáže zobrazit až 16 znaků. Jeden znak je tvořen maticí bodů většinou 5x7 nebo 5x8 bodů.
- **PODSVĚTLENÍ** – je dnes realizováno zpravidla technologií LED. Prodávají se však také displeje zcela bez podsvětlení. Barva podsvětlení bývá žlutozelená, modrá nebo bílá.
- **CENA** – se pohybuje od stokorun až po několik tisíc korun. Je samozřejmé, že s cenou stoupá kvalita a vybava displeje. Proto je často třeba uvážit, zdali všechny vlastnosti (barva, rozlišení, dotykové ovládání,...) zvoleného displeje jsou nezbytné.

1.2.1 Modul ATM12864D

Jedná se o grafický LCD s integrovanými řadiči KS0107B a KS0108B. Užití tohoto modulu v MSME bylo rozhodnuto, jelikož splňuje všechny požadované podmínky a poměr cena/výkon je akceptovatelný. Tento displej se vyskytuje v mnoha podobných aplikacích. Oproti znakovým displejům lze programově lépe přizpůsobovat uživateli.

Displej bez problémů pracuje při teplotách od -25°C do 65°C. Při nižších teplotách, než je uvedeno, displej pracuje pomaleji, až úplně zamrzne. To by však neměl být nevratný problém. Po zvýšení teploty displej začne pracovat opět, jak má. Při vyšších teplotách než je předepsáno, klesá kontrast displeje.

Propojení LCD modulu ATM12864D s 8bitovým MCU je znázorněno na obrázku Obr. 1.4.



Obr. 1.5: Propojení ATM12864D s MCU (převzato z [3]).

Modul disponuje dvaceti piny, jejichž význam je uveden v tabulce Tab. 1.2.

Tab. 1.2: Popis vývodů modulu ATM12864D (převzato z [3]).

Vývod	Název	Popis
1	Vss	napájení GND
2	Vcc	napájení +5V
3	Vo	nastavení kontrastu
4	RS	volba mezi: instrukcí (0), daty (1)
5	RW	volba mezi: zápisem (0), čtením (1)
6	E	hodinový signál
7	DB0	datový bit 0
8	DB1	datový bit 1
9	DB2	datový bit 2
10	DB3	datový bit 3
11	DB4	datový bit 4
12	DB5	datový bit 5
13	DB6	datový bit 6
14	DB7	datový bit 7
15	CS1	výběr řadiče levé části LCD (1)
16	CS2	výběr řadiče pravé části LCD (1)
17	RST	reset modulu (0-reset, 1-normální funkce)
18	Vout	výstup záporného napětí pro LCD (asi -12V)
19	LED+	anoda podsvětlovacích LED
20	LED-	katoda podsvětlovacích LED

Displej je ovládán dvěma řadiči. Každý z řadičů ovládá pouze polovinu (64x64) pixelů. Do kterého z řadičů budou data odesílána, nebo budou-li odesílána do obou naráz, rozhoduje úroveň na vstupech CS1 a CS2. Tyto vstupy jsou jedinými, které nejsou vedeny paralelně do obou řadičů. Podrobnější popis řadičů je možno nalézt v [3]

a [4].

Data (instrukce) se do řadičů přenášejí po 8bitové sběrnici. Zdali jde o instrukci nebo data určuje řídicí signál RS. Pokud bude prováděn zápis nebo čtení ze sběrnice, rozhoduje úroveň na vstupu RW. Čtení bytu ze sběrnice je prováděno při sestupné hraně hodinového signálu (E), který může mít maximální kmitočet 1MHz (minimální doba setrvání obou úrovní 450ns) dle datasheetu [4]. Ze zdroje [3] bylo zjištěno, že data musí být na sběrnici přivedeny ještě před příchodem vzestupné hrany na E a ne těsně před sestupnou hranou, jak naznačuje graf v datasheetu[4], jinak při některých konkrétních kombinacích na datové sběrnici dojde k zápisu náhodného bytu do té části LCD, která není vybraná (CSx=0).

1.2.2 Programování zobrazovače

Ke komunikaci mikrokontroléru s LCD displejem je využíváno knihovny *AVRLCD_FONTS*, která výrazně usnadní programování. Knihovna a funkce jsou převzaty [17].

Použitá funkce:

void draw_text (short int x, short int y, short int width, short int height, short int offset_x, unsigned char tags)

- funkce vypíše do určitého místa na displeji textový řetězec.
- parametry funkce:

x, y, width, height – vymezují na displeji obdélníkovou oblast, do které se zadaný text vykreslí.

offset_x a *offset_y* – určují vertikální a horizontální posun textu uvnitř dané obdélníkové oblasti.

text – je ukazatelem na vykreslovaný text zakončený znakem NULL (ASCII 0).

tags – opticky upravuje prostředí textu (viz. Tab. 1.3)

Tab. 1.3: Výpis možností parametru *tags* funkce *draw_text*.

Název	Popis
DT_NORMAL	napájení GND
DT_INVERT	napájení +5V
DT_TRANSPARENT	nastavení kontrastu
DT_NOCLIP	volba mezi: instrukcí (0), daty (1)
DT_FOCUSED	volba mezi: zápisem (0), čtením (1)

1.3 Externí paměť

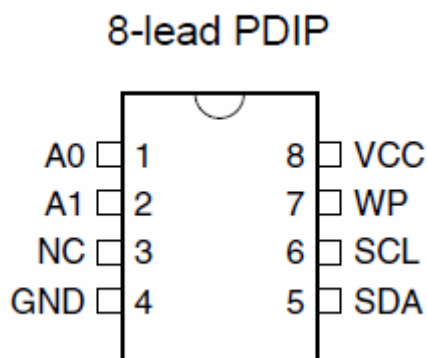
Z důvodu nedostačující kapacity paměti dat integrované v MCU ATmega16 je třeba zavést do hlavní jednotky externí paměť, kde se budou ukládat naměřené hodnoty, nastavení displeje a případně obrázky pro displej. Byla zvolena paměť typu EEPROM AT24C512B.

1.3.1 EEPROM AT24C512B

EEPROM je typ paměti, ve které se data uchovávají i po odpojení od zdroje napájení. Paměť je složena z tranzistorů, na kterých se uchovává náboj. Při zápisu se přivede na příslušný adresový vodič kladné napětí, při mazání záporné napětí. Lze tedy vymazat pouze daný byte a nikoli celý obsah paměti. Dnešní paměti jsou vyráběné pro několikatisícové přepisování. Paměti jsou využívány často v blízkosti mikrokontrolérů, kde se uchovávají nastavení daných přístrojů nebo aplikací.

Vlastnosti AT24C512B:

- napájecí napětí: 2,5 V až 5,5 V
- kapacita paměti: 512 Mbitů (65 536 x 8)
- teplota pracovního prostředí: -55°C až 125 °C
- možnost přepsání: 100 000
- doba uchování informace: 40 let
- pouzdro: PDIP8 (Obr. 1.5, Tab. 1.3)
- komunikace: TWI (I²C)



Obr. 1.6: Paměť AT24C512B (převzato z [6]).

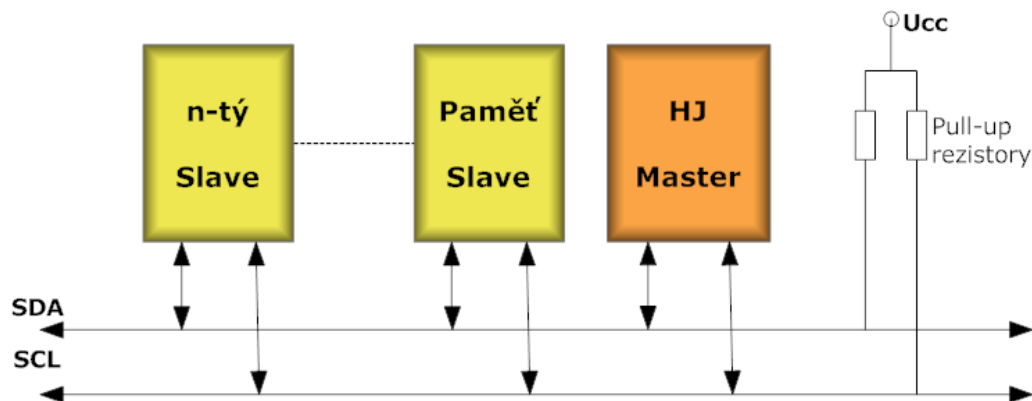
Tab. 1.4: Popis vývodů paměti AT24C1024B.

Vývod	Název	Popis
1	A0	adresový vstup
2	A1	adresový vstup
3	NC	nezapojený vstup
4	GND	napájení GND
5	SDA	sériový přenos dat
6	SCL	hodinový signál
7	WP	zabezpečení proti přepisu
8	VCC	napájení +5V

1.3.2 Rozhraní I²C (TWI)

Jedná se o sériové rozhraní využívající dvouvodičové komunikace. Jednou linkou se přenáší data **SDA** (Synchronous Data), druhou linkou se přenáší hodinový signál **SCL**

(Synchronous Clock). Tato sběrnice se zpravidla používá ke komunikaci typu **master – slave**. Master je řídicí obvod, generuje hodinový signál, začíná a končí komunikaci. Slave je řízený obvod. Takových slave obvodů je možno na sběrnici připojit až 128 (7 bitů na adresování), pokud společně nepřesahují maximální kapacitu sběrnice 400 pF.



Obr. 1.7: Blokové schéma propojení jednotek rozhraním I²C.

Obrázek 1.6 znázorňuje propojení hlavní jednotky s externí pamětí prostřednictvím I2C, třetí blok znázorňuje možnost připojení dalších zařízení na tutéž sběrnici.

1.3.3 Programování komunikace s pamětí

K naprogramování komunikace mikrokontroléru s externí pamětí je využita knihovna *twi_lib.c*.

Použité funkce z knihovny *twi_lib.c*:

i2c_init() – provádí inicializaci, v rámci které se nastaví komunikační kmitočet na 100 kHz. Parametr funkce je prázdný.

i2c_start_wait(1parametr+2parametr) – funkce, kterou master vysílá na sběrnici jako první. Funkce sdružuje dva parametry. Prvním parametrem je adresa jednotky (součástky), se kterou se chystá komunikace. Druhým parametrem je informace, zdali se jedná o zápis, či čtení.

i2c_write(parametr) – funkce posílá adresované jednotce (součástce) slovo (1 bajt).

Pomocí výše uvedených funkcí byla vytvořena funkce *I2Cpamet_uloz(parametr1, parametr2)*, která umí uložit do určitého paměťového místa šestnáctibitovou hodnotu. Za parametr 1 se vkládá 16bitová adresa paměťového místa, za parametr 2 se vkládá 16bitová datová hodnota.

1.4 Napájení

Napájecí obvod je umístěný na desce hlavní jednotky a je společný pro všechny jednotky MSME a také pro všechny bloky hlavní jednotky. Napájení ostatních jednotek je řešeno FTP kabelem. Schéma zapojení napájecího obvodu je na obrázku 1.8.

se hřídeli. Při zastínění fototranzistoru T1 se otevře tranzistor Q3, přes který prochází impulz, zapříčiňující překlopení klopného obvodu tvořený tranzistory Q1 a Q2. Klopný obvod odstraňuje nebezpečí zákmitů. Na jeho výstupu se objevují impulzy konstantní délky, které evokují externí přerušení v MCU ATtiny2313. Délka impulzu je nastavitelná RC členem C1 a R7.

2.2 Mikrokontrolér ATtiny2313

Mikrokontrolér ATtiny2313 byl vybrán pro jednotku snímání frekvence a spínání ovládání spojky pro svou jednoduchost. Jeho výbava je oproti mikrokontrolérům ATmega chudší, avšak disponuje možností externího přerušení, které využíváno k měření kmitočtu a rozhraním USART, pomocí něhož probíhá komunikace s hlavní jednotkou.

2.2.1 Popis ATtiny2313

ATtiny2313 patří do rodiny nízkopříkonových 8bitových AVR mikrokontrolérů s RISC architekturou (120 instrukcí).

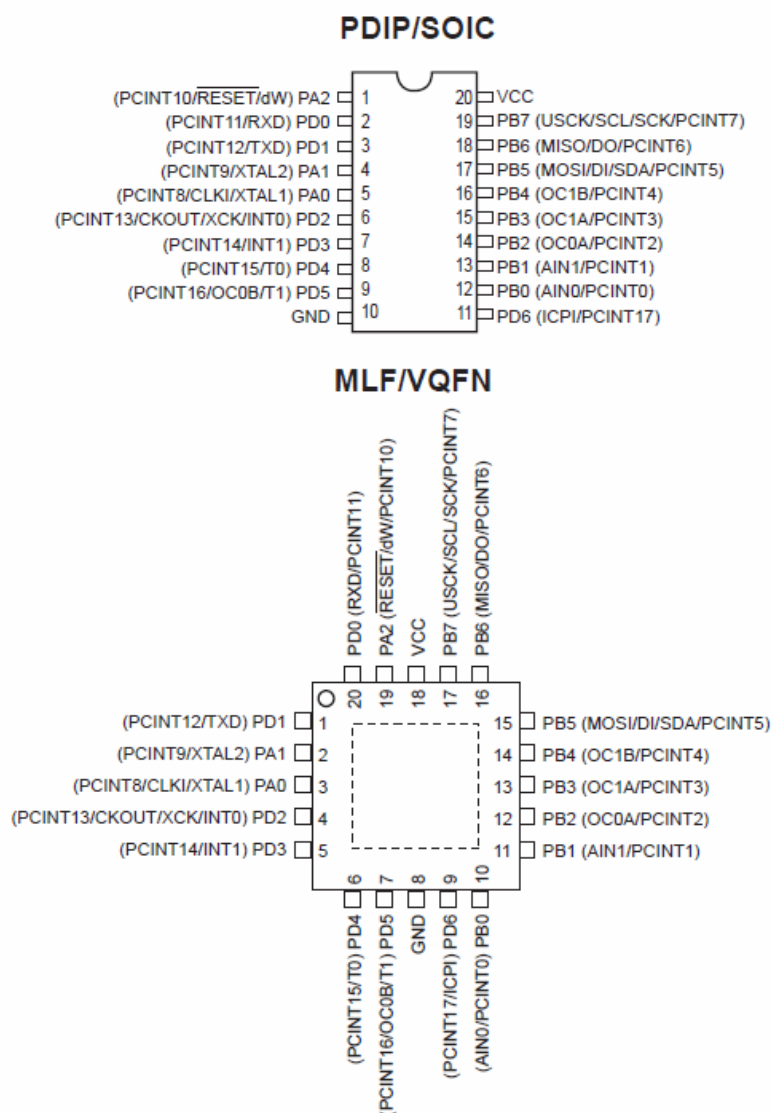
Vybrané vlastnosti ATtiny2313:

- **Přerušení** – ATtiny2313 má 19 zdrojů přerušení. Pro naši aplikaci bude využito externího zdroje přerušení. Přerušení funguje tak, že v jakékoli fázi programu, pokud přijde signál od zdroje přerušení, tak se dodělá právě vykonávaná instrukce programu a následuje přeskočení na adresu přerušení (např. externí přerušení INT1 je na adrese 0x0002 v paměti programu) tyto adresy jsou dané. Na adrese je většinou instrukce, která zařídí přeskok do podprogramu. Po vykonání podprogramu (činnosti reagující na přerušení) se běh hlavního programu vrátí na místo před přerušením.
- **Rozhraní** – ATtiny2313 komunikuje s okolím pomocí: SPI port (který umožní sériové programování), plně duplexní USART a univerzální sériové rozhraní USI.
- **Paměť** – ATtiny disponuje 2K bytovou pamětí programu typu Flash. Prostor pro data zajišťují dvě paměťová místa: 128B EEPROM a 128B SRAM.
- **Napájení, hodinový signál** – ATtiny2313 potřebuje pro svou činnost napájecí napětí 2,7 – 5,5 V a taktovací signál, který také zajišťuje synchronizaci. Možné zdroje synchronizace představuje tabulka Tab. 2.1. Pro tuto práci bude využit externí krystalový oscilátor.

Tab. 2.1: Zdroje hodinového signálu pro MCU ATmega16

Zdroj synchronizace
vnější hodiny
kalibrovaný vnitřní RC oscilátor 4 MHz
kalibrovaný vnitřní RC oscilátor 8 MHz
Watchdog oscilátor 128 kHz
externí krystalový/keramický rezonátor

- **Pouzdra, vývody** – ATtiny2313 je vyráběn ve dvou druzích pouzder, které jsou k vidění na obrázku Obr. 2.3.



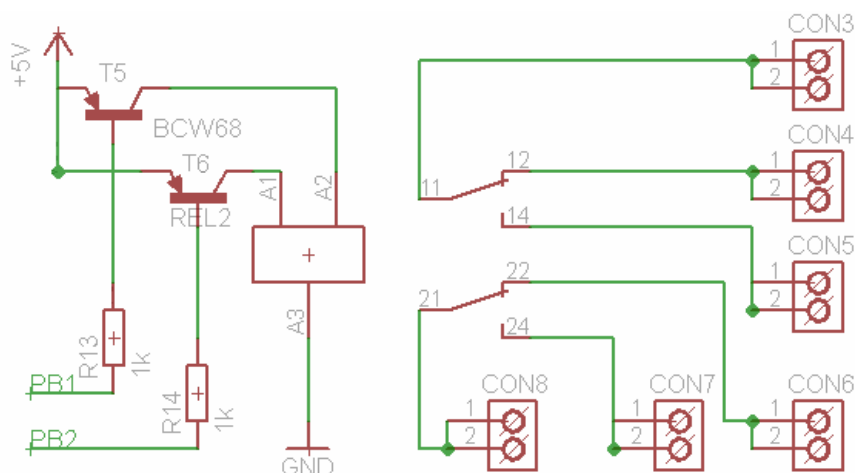
Obr. 2.3: Pouzdra a vývody mikrokontroléru ATtiny2313 (převzato z [8]).

2.2.2 Užití ATtiny2313

Signál přicházející od snímače frekvence je zpracováván mikrokontrolérem ATtiny2313. Tento signál přichází na pin INT1, což je vstup externího přerušení. Tyto impulzy jsou počítány pomocí čítače/časovače. Druhým čítačem/časovačem jsou počítány impulzy hodinového signálu. Porovnáním obou hodnot získáme počet impulzů za určitý čas, což koresponduje s počtem otáček pohánějící hřídele. Nastavení, při jakých hodnotách se bude zapínat/vypínat spínač k ovládání spojky, se určí programově. Informace o otáčkách se také posílají do hlavní jednotky.

2.3 Spínač ovládání spojky

Nejedná se o přímé ovládání spojky, ale pouze o připojení ovladače. Spínání a rozepínání bude prováděno pomocí bistabilního relé *RT2-bistable*. Celé schéma je na obrázku Obr. 2.4.

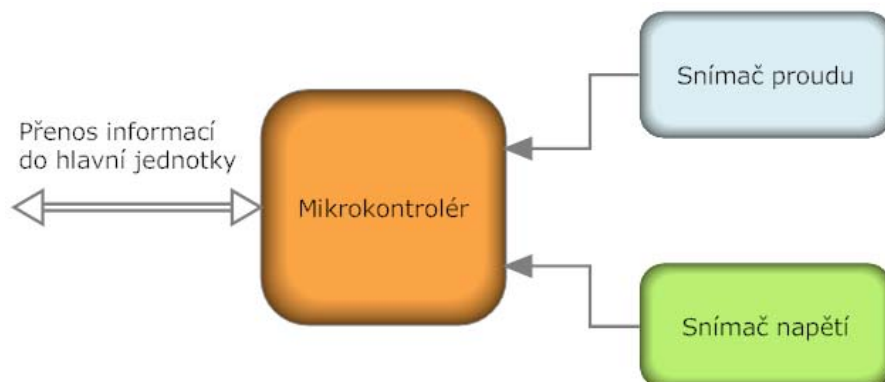


Obr. 2.4: Schéma spínání ovládání spojky.

Relé RT2 má 2 stabilní stavy. To znamená, že trvale nevyžaduje napětí při rozepnutém ani při sepnutém stavu. RT2 obsahuje 2 cívky, které se starají o přepínání kontaktů. K přepínání dochází ve chvíli připojení jedné ze dvou cívek k napájecímu napětí (5 V). O připojování cívek k napětí se stará mikrokontrolér (piny PB1, PB2), který využívá dvou tranzistorů jako spínače. RT2 je vybaveno 6 kontakty pro spínání (Obr. 2.4).

3 JEDNOTKA – SNÍMÁNÍ ELEKTRICKÝCH VELIČIN

Jednotka snímání elektrických veličin je umístěna za generátorem (Obr. 1), kde má za úkol zjišťovat aktuální hodnoty napětí a proudu na dvou vodičovém vedení. Jak znázorňuje Obr. 3.1, jednotka se skládá z 3 bloků.



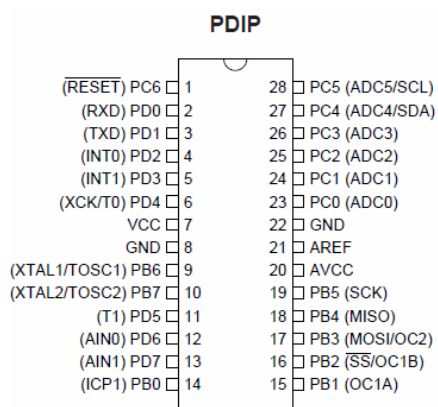
Obr. 3.1: Blokové schéma jednotky – snímání elektrických veličin.

3.1 ATmega8

Mikrokontrolér ATmega8 patří do rodiny MCU AVR. Výbavou je velmi blízký mikrokontroléru ATmega16, který je popsán v kapitole 1.1.2. Tento mikrokontrolér byl vybrán zejména proto, že obsahuje A/D převodník a rozhraní USART.

Vybrané vlastnosti mikrokontroléru ATmega8:

- **Pouzdra a vývody** – ATmega8 je vyráběn ve 3 variantách pouzder (PDIP28, TQFP32, MLF32). Pro tuto aplikaci není třeba malých rozměrů, proto bylo vybráno pouzdro PDIP. Výhoda pouzder PDIP je ve snadné výměně. Pouzdro PDIP je uvedeno na Obr. 3.7.



Obr. 3.2: Pouzdro s popsanými vývody MCU ATmega8 (převzato z [10]).

- **Napájení, hodinový signál** – ATmega8 potřebuje pro svou činnost stejnosměrné napětí 4,5 – 5,5 V. Taktovací kmitočet, který zajišťuje také synchronizaci mezi bloky MCU, bude vytvářen vnějším oscilátorem, který může mít frekvenci až 16 MHz.
- **Rozhraní** – ATmega8 komunikuje s okolím pomocí: sériového portu SPI, který budeme využívat k programování, jednotky USART, která bude využívána pro komunikaci s hlavní jednotkou, a TWI (I²C), kterou nebudeme využívat.
- **A/D převodník** – popis v následující kapitole (3.1.1).

3.1.1 Popis a programování A/D převodníku

ATmega8 je vybaven 8 vstupy, na kterých může být prováděn A/D převod. Převod neprobíhá současně, ale multiplexně. Digitální výsledek po A/D převodu má 10bitovou hodnotu na vstupech PC[0-3, 6, 7] a 8bitovou hodnotu na vstupech PC[4,5]. MSME využívá 10bitový převod na pinech PC0 (čidlo proudu) a PC1 (čidlo napětí).

Programově je A/D převodník řízen pomocí dvojice registrů. Z jejich popisu jsou patrné některé další vlastnosti A/D převodníku.

Registr **ADMUX**:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	REFS1	REFS0	ADLAR	–	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Obr. 3.3: Registr ADMUX (převzato z [10]).

REFS[1, 0] – nastavení referenční hodnoty napětí pro A/D převod. Nabízí se možnost využití vstupu AREF (vnější reference), AVCC (použití hodnotu napájecího napětí) a vnitřní referenci, která odpovídá hodnotě 2,56 V.

ADLAR – zarovnání výsledku. Výsledek se může v registrech ADCH:L zarovnat buď doprava, nebo doleva.

MUX[3-0] – výběr kanálu, na kterém se bude aktuálně provádět A/D převod.

Registr **ADCSRA**:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	ADEN	ADSC	ADFR	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Obr. 3.4: Registr ADCSRA (převzato z [10]).

ADEN – zapnutí/vypnutí [1/0] A/D převodníku.

ADSC – nastavením bitu zahájí A/D převod. Po dokončení převodu se bit automaticky nastaví do nuly.

ADFR – nastavením bitu se zapne režim „free runnig“.

ADIF – příznakový bit, který se nastaví po dokončení převodu a aktualizaci registrového páru, do kterého se ukládá výsledek (ADCH:ADCL).

ADIE – nastavením bitu se povoluje přerušení po dokončení A/D převodu.

ADPS[2-0] – předdělička hodinového signálu pro A/D převod. Dělicí faktor lze nastavit v rozsahu 2 až 128.

Přesnější popisy o nastavování jednotlivých bitů je uveden v katalogovém listu ATmega8 [10].

K jednoduššímu užití A/D převodníku v programu byly vytvořeny 2 vedlejší funkce:

AD_nastaveni() – funkce je bez parametru a zařídí inicializaci A/D převodníku.

AD_prevod(parametr) – funkce převede napětí na vybraném kanálu. Kanál, na kterém má docházet k A/D převodu, je parametrem funkce. Funkce vrací deseti bitovou hodnotu převedené veličiny.

3.2 Snímač proudu

Byl hledán snímač (čidlo), který splňuje požadavky:

- galvanické oddělení
- napájení 5 V
- výstup ze snímače lze zpracovat A/D převodníkem obsaženým v ATmega8
- možnost měření stejnosměrných i střídavých proudů (do 20 A)

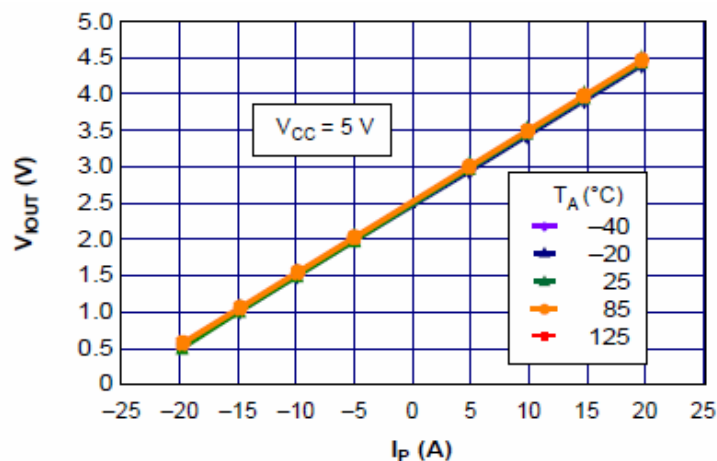
Tyto požadavky splňuje čidlo ACS712 které je popsáno v následující podkapitole (3.2.1).

3.2.1 ACS712

Jedná se o integrované proudové čidlo, kde měření je založeno na principu Hallova efektu. Senzor se často využívá v aplikacích pro monitorování proudového odběru motorů. Obvody jsou vyráběny do třech proudových úrovní (5 A, 20 A, 30 A), kde podle velikosti proudu se mění výstupní napětí. Výstup je analogový.

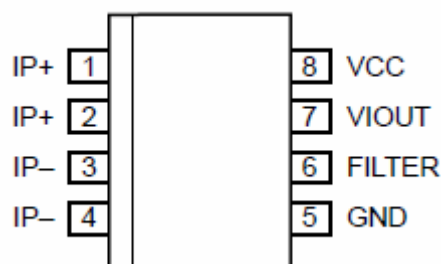
Vlastnosti senzoru ACS712:

- minimální izolační napětí pro piny 1-4 a 5-8 je 2,1 kV_{RMS}
- napájecí napětí 4,5 - 5,5 V
- citlivost je od 66 do 185 mV/A, citlivost se odvíjí od proudového rozsahu (př. Obr. 3.2)



Obr. 3.5: Závislost výstupního napětí na snímaném proudu u ACS712 – 20A (převzato z [8]).

- frekvenční rozsah zpracovávaného signálu je 80 kHz
- pouzdro IO je 8pinové SOIC (Obr. 3.3). Pinové označení je uvedeno v tabulce Tab. 3.1.



Obr. 3.6: Závislost výstupního napětí na snímaném proudu u ACS712 – 20A (převzato z [8]).

Tab. 3.1: Popis vývodů snímače proudu ACS712.

Vývod	Název	Popis
1, 2	IP+	vstup pro snímaný proud
3, 4	IP-	výstup pro snímaný proud
5	GND	napájení GND
6	FILTER	externí kondenzátor pro nastavení šířky pásma
7	VIOUT	analogový výstupní signál
8	VCC	napájení +5V

Výstupní hodnoty napětí z čidla jdoucí na vstup A/D převodníku se v mikrokontroléru přepočítávají na hodnoty odpovídající proudu na vstupu čidla. Matematická operace, pomocí které se bude provádět přepočet, se odvodí z grafu na obrázku 3.2. Byla odvozena následující rovnice.

$$I_{vst} = 10 \cdot U_{vyst} - 25, \quad (3.1)$$

kde: I_{vst} ... proud na vstupu proudového čidla (měřený proud I_P)
 U_{vyst} ... napětí na výstupu proudového čidla (jdoucí do A/D převodníku V_{IOUT})

Jak bylo uvedeno v podkapitole 3.1.1, A/D převodník je desetibitový. Rozsah pro měření proudů je -20 A až +20 A. Z těchto údajů lze vypočítat kvantizační šum A/D převodu proudu.

$$\Delta q = \frac{M}{2^b - 1} = \frac{40}{2^{10} - 1} = 0,0391 \text{ A} \approx \underline{\underline{40 \text{ mA}}} \quad (3.2)$$

kde: Δq ... kvantizační šum
 M ... rozsah měřených proudů
 b ... počet bitů A/D převodníku

3.3 Snímač napětí

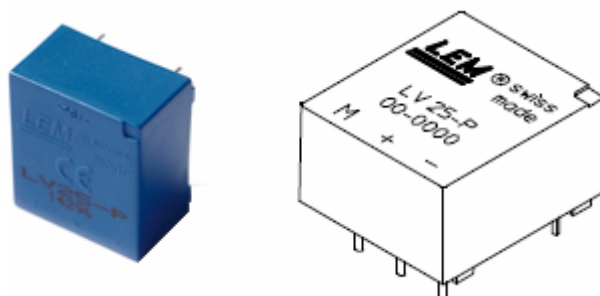
Podobně jako u snímače proudu i snímače napětí byly hledány s co nejlépe vyhovujícími požadavky:

- galvanické oddělení
- rozsah pro snímání napětí co největší
- možnost měření stejnosměrných i střídavých napětí
- napájení 5 V

Byl vybrán snímač LV 25-P, který je nejbližší k výše uvedeným požadavkům.

3.3.1 LV 25-P

Čidlo napětí LV 25-P pracuje na principu Hallova efektu. Zpravidla se využívá k měření napětí na střídavých motorech, servomotorech, pro měření měničů stejnosměrných motorů, k měření bateriemi napájených aplikací, k měření UPS zdrojů a podobně. Čidlo je zobrazeno na Obr. 3.7.



Obr. 3.7: Snímače LV 25-P (převzato z [14,15]).

Vlastnosti senzoru LV 25-P:

- nominální vstupní proud (I_P) 10 mA
- napájecí napětí ± 12 V, ± 15 V
- hodnota měřicího rezistoru R_M (viz Obr. 3.8) 30 až 190 Ω (pro napájení ± 12 V)
- nominální výstupní proud (I_S) 25 mA
- konverzní poměr 2500:1000
- měří napětí stejnosměrné, střídavé, pulzní
- rozsah měřeného napětí 10 až 500 V

Způsob zapojení:

Způsob zapojení je na obrázku 3.5. Z vlastností je známo, že primární proud nemá překračovat hodnotu 10 mA. Rezistor R_I se proto volí s ohledem na největší možné měřené napětí. K výpočtu R_I je použit Ohmův zákon.

$$R_I = \frac{U_P}{I_{Pmax}} = \frac{470}{0,01} = \underline{4,7 k\Omega} \quad (3.3)$$

kde: R_I ... rezistor na vstupu LV 25-P

U_P ... maximální měřené (primární) napětí

I_{Pmax} ... maximální dovolený vstupní (primární) proud

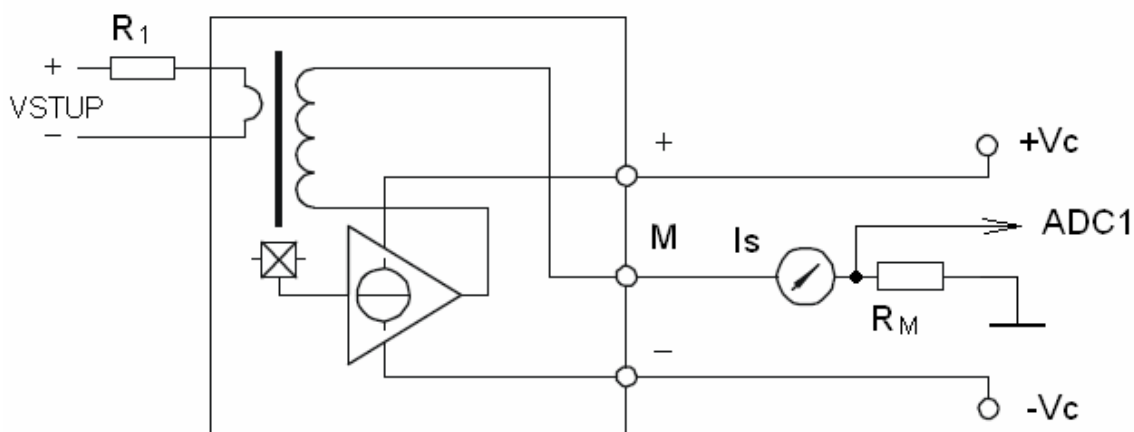
Konverzní poměr je 2,5:1, z čehož vyplývá, že při maximálním proudu na vstupu (a tedy maximálním měřeném napětí) bude výstupní proud z čidla I_S 25 mA. Tento proud protéká rezistorem R_M , na kterém je odebíráno napětí pro A/D převodník. Při volbě hodnoty rezistoru R_M se musí brát v úvahu omezení doporučené výrobcem (viz vlastnosti) a hlavně maximální možné napětí, které zpracuje A/D převodník (5 V). Zde je počítáno s hodnotou 4,5 V, z důvodu rezervy. Hodnota rezistoru R_M je vypočítána pomocí následujícího vztahu.

$$R_M = \frac{U_{AD}}{I_{Smax}} = \frac{4,5}{0,025} = \underline{180 \Omega} \quad (3.4)$$

kde: R_M ... rezistor na výstupu LV 25-P

U_{AD} ... maximální sekundární napětí jdoucí do A/D převodníku

I_{Smax} ... maximální výstupní (sekundární) proud



Obr. 3.8: Schéma zapojení LV 25-P (převzato z [14]).

Napájení LV 25-P:

Jelikož čidlo napětí jako jediný vyžaduje napájení ± 12 V, byl nalezen DC/DC měnič AM1D-0512DZ (obrázek 3.6).

DC/DC měnič může být napájen 4,5–5,5 V, které přemění na $+12$ V a -12 V. Vývody jsou popsány v tabulce 3.2. Výstupní proudy mohou dosáhnout hodnot ± 42 mA. DC/DC měnič dosahuje účinnosti až 80%.



Obr. 3.9: DC/DC měnič AM1D-0512DZ (převzato z [16]).

Tab. 3.2: Popis vývodů DC/DC měniče AM1D-0512DZ.

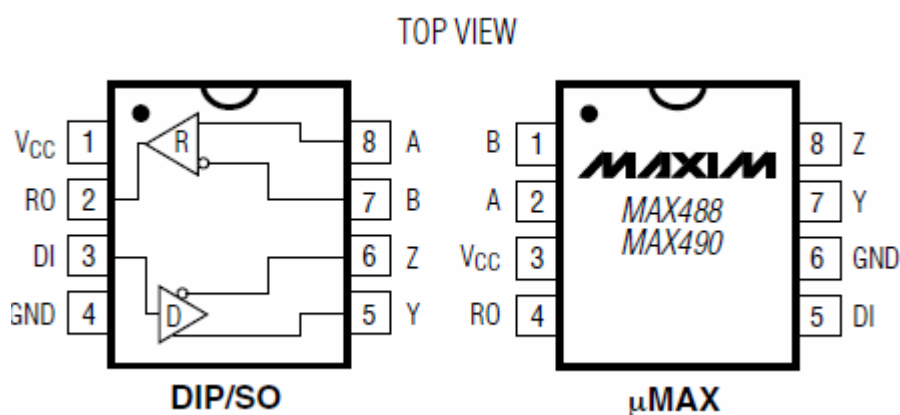
Vývod	Název	Popis
1	+VInput	vstupní svorka pro napájení (5 V)
2	-VInput	výstupní svorka pro napájení (GND)
3	-VOutput	záporné výstupní napětí (-12 V)
4	Common	společná zem (GND)
5	+VOutput	kladná výstupní napětí ($+12$ V)
6	Omitted	nezapojené

4 KOMUNIKACE MEZI HLAVNÍ JEDNOTKOU A PERIFERIEMI

Ke komunikaci je využíváno rozhraní USART (viz podkapitola 4.2), jímž disponují všechny mikrokontroléry (ATmega16, ATmega8, ATtiny2313) v jednotkách, mezi kterými má komunikace probíhat. Jelikož komunikace pouze USARTem neumožňuje posílat data na velké vzdálenosti, nabízí se využít některý z komunikačních standardů (RS232, RS485), které splní dané požadavky a zároveň rozhraní USART využívají. Pro tuto práci byl vybrán komunikační standard RS485, který je popsán v podkapitole 4.1.

4.1 Komunikační standard RS485

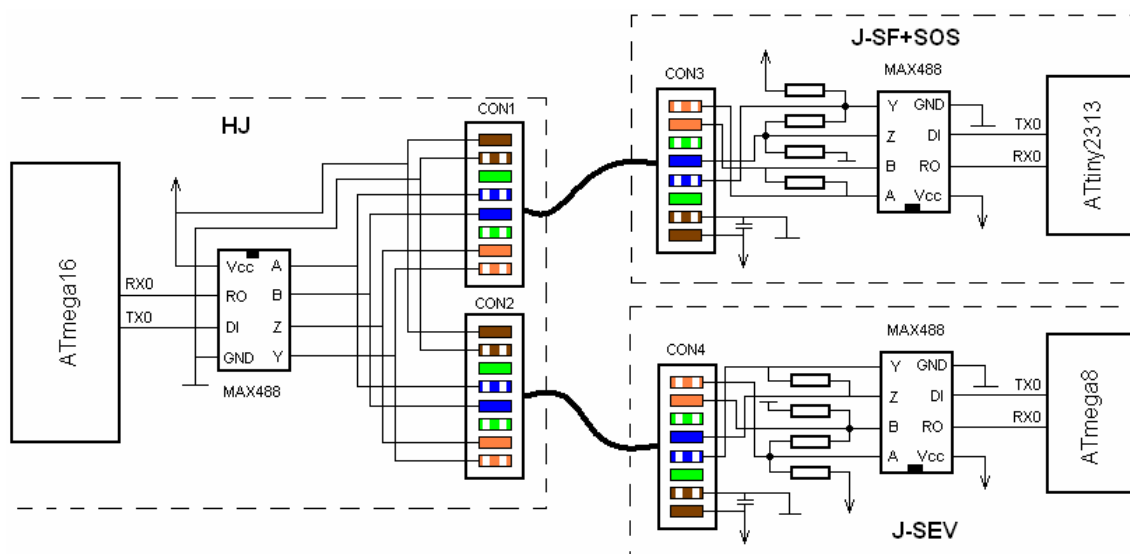
Standard RS485 umožňuje dva druhy komunikace. Jeden je poloduplexní, což znamená, že data jsou přenášena vždy jedním směrem. K tomu stačí 2 vodiče. Druhý je plně duplexní, který ke komunikaci vyžaduje 4 vodiče, ale komunikace může probíhat oběma směry ve stejný čas. Jelikož propojení jednotek bude provedeno FTP kabelem, který nabízí 8 žil, bude využito plně duplexního přenosu. K tomu je vyráběn IO od firmy Maxim MAX488 (Obr. 4.1). Popis vývodů je uveden v tabulce Tab. 4.1.



Obr. 4.1: Pouzdra IO MAX488 (převzato z [10]).

Tab. 4.1: Popis vývodů IO MAX488 (pozn. v závorce je uvedeno s čím se daný pin propojuje).

Název	Popis
Vcc	napájení +5V
GND	napájení GND
RO	přijímaný signál (MCU)
DI	vysílaný signál (MCU)
A	neinvertující přijímací pin (MAX488)
B	invertující přijímací pin (MAX488)
Z	invertující vysílací pin (MAX488)
Y	neinvertující vysílací pin (MAX488)



Obr. 4.2: Schéma propojení jednotek MSME.

Na obrázku Obr. 4.2 vidíme schéma propojení jednotek MSME standardem RS485, plně duplexní sériovou linkou tvořenou obvody MAX488. Schéma zapojení je inspirováno zdrojem [11].

4.2 Rozhraní USART

Jde o synchronní/asynchronní sériové rozhraní obsažené ve většině mikrokontrolérů. Blokové schéma jednotky USART je na Obr. 4.3.

Synchronní režim vyžaduje synchronizaci mezi vysílačem a přijímačem. Tento způsob komunikace je složitější než asynchronní režim. Z těchto důvodů bude využíváno pro komunikaci mezi jednotkami asynchronního režimu.

Asynchronní režim nevyžaduje synchronizaci hodinového signálu mezi přijímačem a vysílačem. Data mohou být vysílána v libovolném okamžiku, nemusí se tedy dodržovat vysílání v pevně stanovených intervalech.

Ke komunikaci slouží pouze dva vodiče. **RxD** (Rx0) – plní funkci vstupního kanálu pro data. **TxD** (Tx0) – plní funkci výstupního kanálu pro data. Oba tyto kanály používají stejný datový registr **UDR** ke sběru dat (RxD) nebo k přípravě odeslání dat (TxD). Zda-li se data budou přijímat nebo odesílat se musí nastavit v řídicím registru. Jednotka USART obsahuje tři řídicí registry UCSR (USART Control and Status Register):

UCSRA:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	U2X	MPCM
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R	R/W	R/W
Initial Value	0	0	1	0	0	0	0	0

Obr. 4.3: Registr UCSRA (převzato z [2]).

Význam jednotlivých bitů:

MPCM – nastavuje se víceprocesorová komunikace

U2X – nastavením se zdvojnásobí přenosová rychlost

PE – příznakový bit, který je nastaven při zjištění chyby v paritě

DOR – příznakový bit, který je nastaven při ztrátě dat

FE – příznakový bit, který je nastaven při detekci chyby v přijímaném datovém rámci

UDRE – příznakový bit, který je nastaven po odeslání dat z registru UDR do posuvného vysílacího registru. Je možné odeslat další bajt

TXC – příznakový bit, který se nastaví, pokud data jsou odeslána na sběrnici z posuvného registru a žádná data již nečekají na odeslání

RXC – příznakový bit, který se nastaví po naplnění přijímacího registru UDR

UCSRB:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Obr. 4.4: Registr UCSRB (převzato z [2]).

Význam jednotlivých bitů:

TXB8 – obsahuje devátý bit při vysílání

RXB8 – obsahuje devátý bit při příjmu

UCSZ2 – určuje počet bitů ve znaku, nastavení znamená, že znak má délku 9bitů

TXEN – nastavením bitu se zapíná vysílač UARTu

RXEN – nastavením bitu se zapíná přijímač UARTu

UDRIE – nastavením bitu se povolí přerušení nastavením bitu UDRE v UCSRA

TXCIE – nastavením bitu se povolí přerušení po dokončeném odeslání

RXCIE – nastavením bitu se povolí přerušení po dokončení příjmu

UCSRC:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZ1	UCSZ0	UCPOL
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	1	0	0	0	0	1	1	0

Obr. 4.5: Registr UCSRC (převzato z [2]).

Význam jednotlivých bitů:

UCPOL – pouze pro synchronní režim, určení náběžné/sestupné hrany pro vzorkování dat

UCSZ0,1 – počet datových bitů, viz datasheet

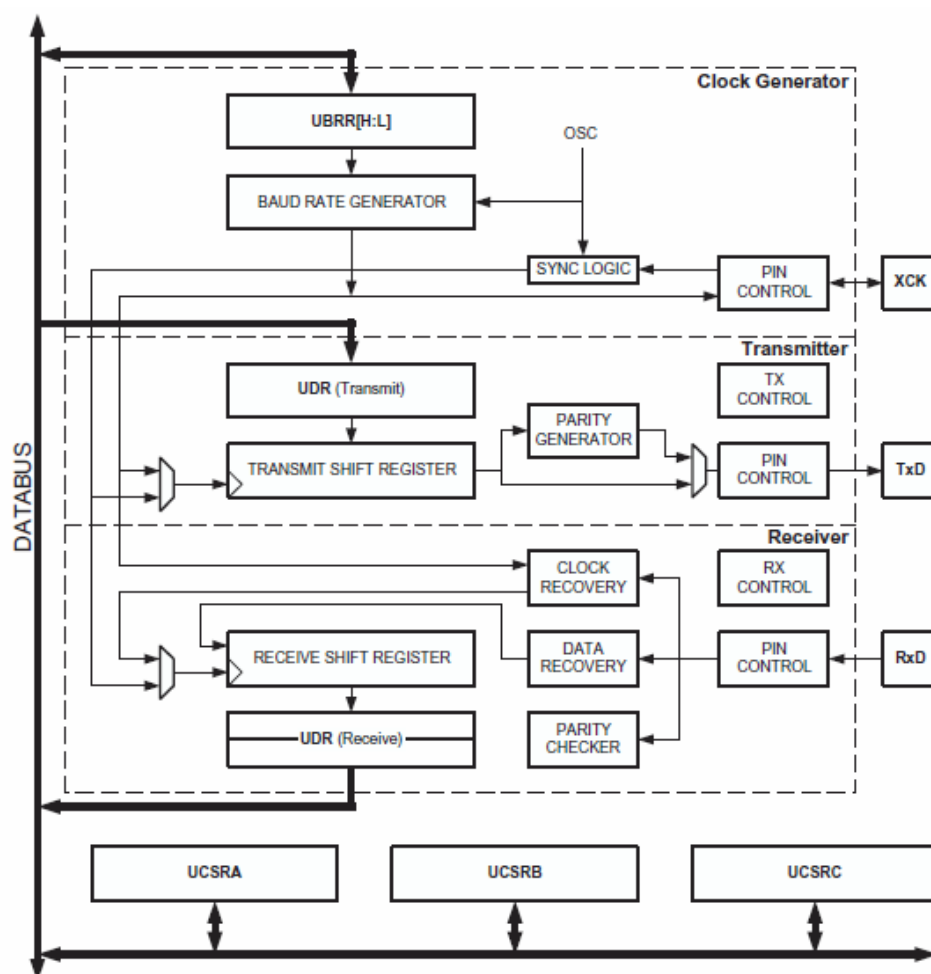
USBS – počet stop bitů, nula-1bit, nastavením-2bity

UPM0,1 – volba parity, viz datasheet

UMSEL – volba módu UARTu, nula asynchronní mód, jednička synchronní mód

URSEL – výběr mezi zápisem do UCSRC a UBRRH registru, nastavením se zvolí zápis do UCSRC

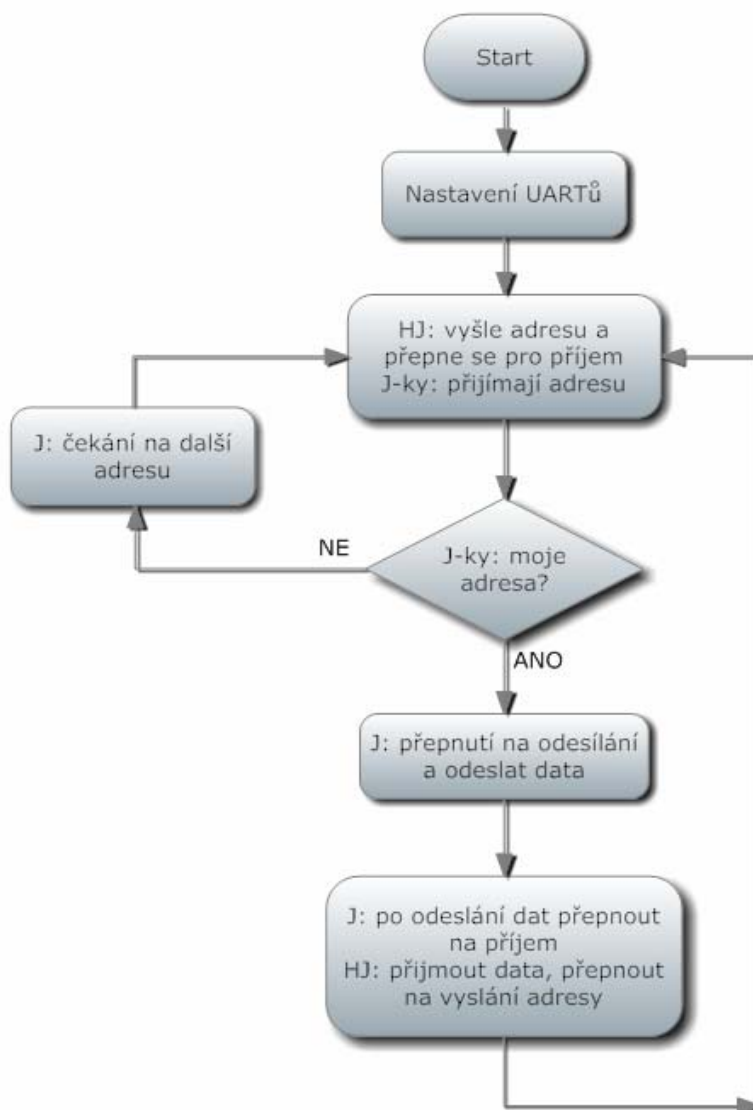
Podrobnější vysvětlení jednotlivých bitů jsou uvedena v datasheetech procesorů.



Obr. 4.6: Blokové schéma jednotky USART (převzato z [2]).

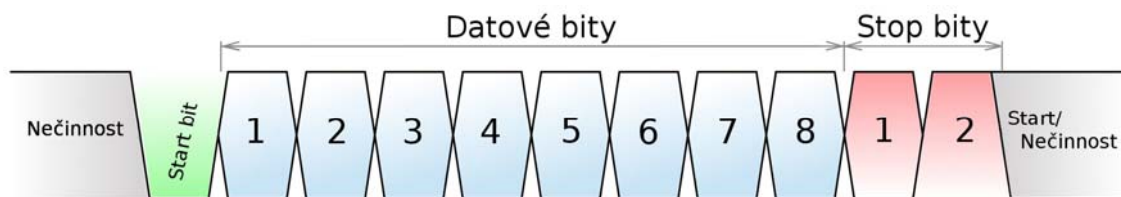
4.3 Programování komunikace s periferiemi

Aby jednotky spolu mohly komunikovat, aniž by docházelo ke kolizím v posílání dat na jednu sběrnici, byl vytvořen systém, který je znázorněn pomocí blokového diagramu na obr. 4.7.



Obr. 4.7: Blokový diagram systému komunikace mezi jednotkami MSME pomocí rozhraní UART.

Nejdříve je potřeba v každé jednotce správně inicializovat počáteční nastavení UARTu. O to se stará funkce *UART_nastaveni()*. V této funkci se nastavuje přenosová rychlost (4800 Baundu) a formát přenosového rámce (viz. Obr. 4.8). Funkce však není pro všechny jednotky zcela shodná. Jelikož se jedná o komunikaci Master – Slave, musí být v obou Slave jednotkách nastaven bit umožňující multiprocesorovou komunikaci (UCSRA – MPCM). To má za následek rozpoznání, zdali přichází bajt je datový nebo adresový. Datový a adresový bajt je odlišen prvním STOP bitem ([1]-adresa, [0]-data) v přenosovém rámci (viz obr. 4.8).



Obr. 4.8: Formát bitového rámce používaného ke komunikaci po UARTu.

K vysílání adresy využívá HJ funkci *UART_poslat()*. Do závorek se umístí 8bitová adresa jednotky, od které jsou v danou chvíli požadována data. K odeslání dat používají slave-jednotky stejnou funkci, do parametru se však umístí 16bitové číslo. Toto číslo u jednotky SF-SOS představuje hodnotu frekvence otáčející se hnací hřídele. U jednotky SEV číslo představuje hodnotu naměřeného napětí nebo proudu. Po odeslání dat se slave-jednotky přepnou zpět na příjem, k čemuž využívají funkci *UART_nastav_prijem()*. HJ k přijímání dat používá funkci *UART_prijem()*. Tato funkce vrátí 16bitovou hodnotu přijatých veličin.

5 PROGRAMOVÁNÍ

Tato kapitola naznačuje logiku fungování programů ve všech jednotkách pomocí vývojových diagramů. Je stručně popsáno, jakým způsobem bylo postupováno od nákresů vývojových diagramů až po nahrání programů do mikrokontrolérů.

5.1 Vývojové diagramy

Vývojové diagramy slouží ke grafickému znázornění algoritmů programů. Pro vytváření vývojových diagramů existují určité zásady, např. použití určitých tvarů bloků, šipek apod. Vývojové diagramy usnadňují dodržení chtěného postupu a systému při psaní zdrojového kódu. Nebo naopak pomáhají pochopit, jak neznámý kód (program) funguje.

5.1.1 Vývojový diagram Hlavní jednotky

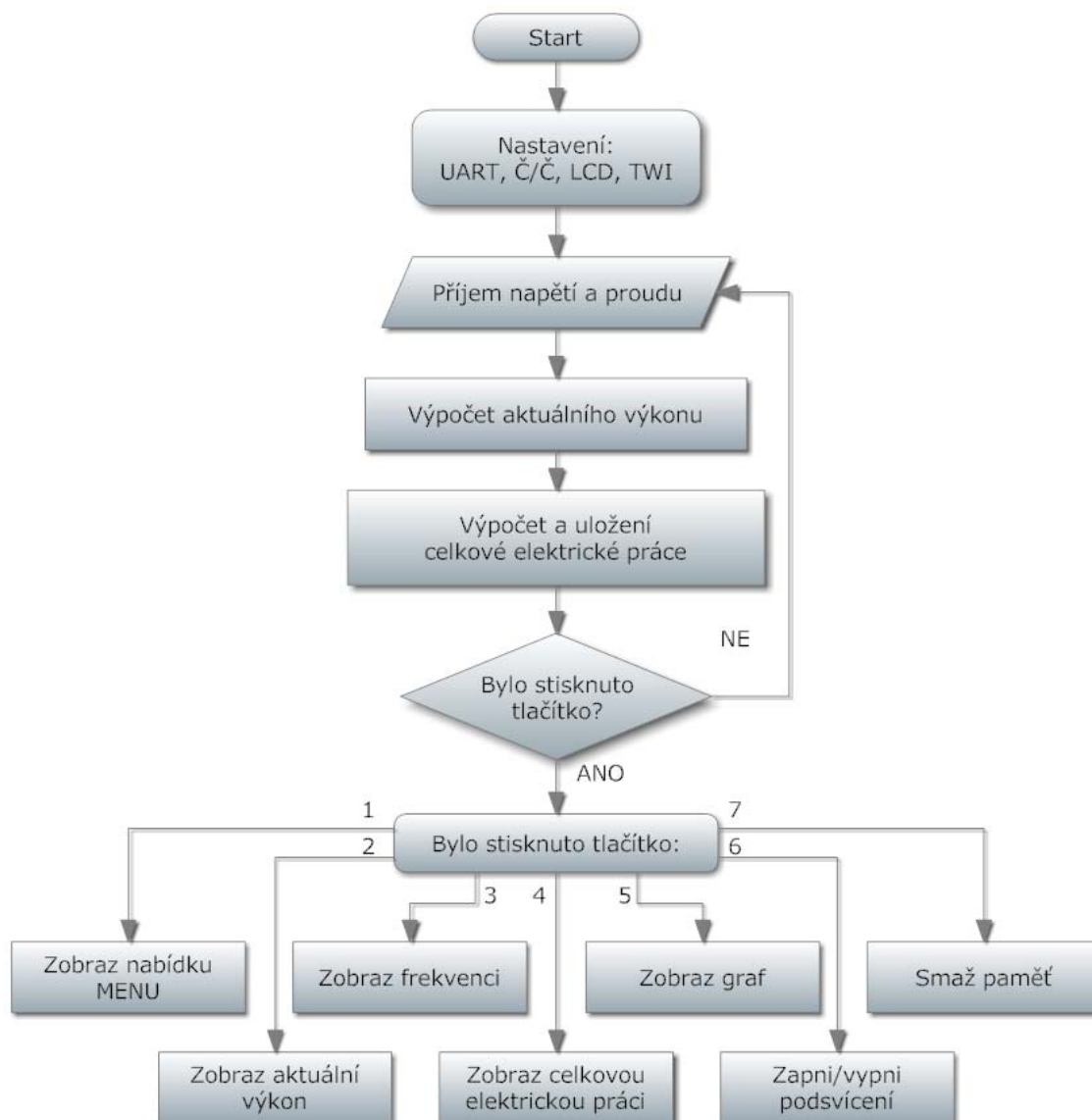
Vývojový diagram hlavní jednotky je znázorněn na obrázku Obr 5.1. Po startu programu se nejdříve nastavují pro správnou činnost hardwarové části mikrokontroléru. To je provedeno pomocí vedlejších funkcí *UART_nastaveni()*, *i2c_init()*, *nastav_16b_cit_cas()*, *lcd_init()*.

Ihned po nastavení se HJ snaží kontaktovat jednotku SEV a přijmout od ní hodnoty napětí a proudu. Tato část programu je podrobněji popsána v podkapitole 4.3.

Z přijatých hodnot se v další části procesu počítá hodnota aktuálního výkonu. Tato hodnota se ukládá do paměti. Aby hodnot, které se ukládají do paměti, nebylo příliš mnoho, je počítána ještě průměrná hodnota z několika hodnot aktuálních výkonů a teprve ta je uložena do paměti.

Následuje výpočet celkové elektrické práce. Veličina vyjadřuje elektrickou práci, která byla vyrobena od začátku spuštění MSME. Jednotky jsou v kilowatthodinách. Tento proces začíná načtením z externí paměti hodnoty doposud vyrobené elektrické práce. K této hodnotě se přičítá elektrická práce, která byla vyrobena od minulého uložení. Sečtená hodnota se ukládá do paměti na stejné místo, čímž se přepíše stará hodnota. Tento proces se cyklicky opakuje. K načítání a ukládání hodnot do paměti slouží funkce *I2Cpamet_cti(parametr)*, *I2Cpamet_uloz(parametr1, parametr2)*. Tyto funkce jsou blíže popsány v podkapitole 1.3.3, která se zabývá komunikací s externí pamětí prostřednictvím I²C (TWI) sběrnice.

V poslední fázi programu se dle stisknutého tlačítka vykonávají požadované úkony. Stisknutí tlačítek se kontroluje každých 300 ms, při přerušení od čítače/časovače.



Obr. 5.1: Vývojový diagram Hlavní jednotky.

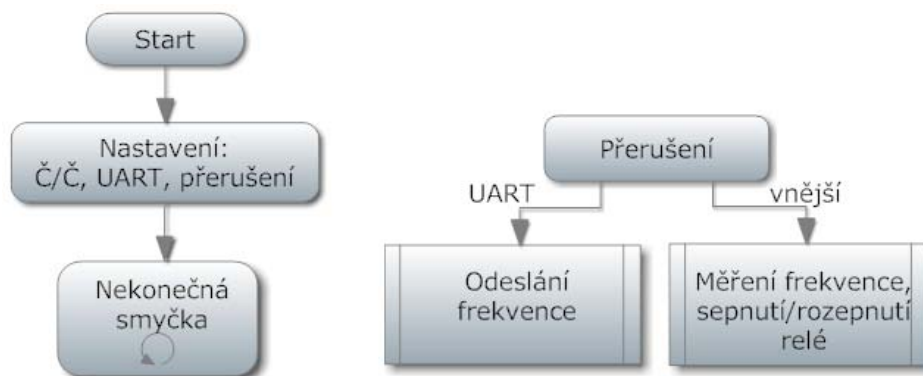
5.1.2 Vývojový diagram jednotky SF-SOS

Vývojový diagram jednotky SF-SOS je na obrázku 5.2. V hlavním těle programu se nachází pouze nastavovací funkce pro čítač/časovač, rozhraní UART a globální povolení přerušení. Dále je program zacyklován do nekonečné smyčky, ve které čeká na přerušení. Přerušení může přijít od dvou zdrojů.

Přerušení externí – pomocí něhož se měří kmitočet hřídele pohánějící generátor. K tomu se využívá měření úseku času od čítače časovače. V rámci podprogramu probíhajícím při externím přerušení se také v závislosti na otáčkách spíná nebo rozepíná relé.

Přerušení od UARTu – toto přerušení je evokováno přicházejícím adresovým bajtem. V případě, že adresa je správná, podprogram zajistí odeslání hodnoty frekvence do hlavní jednotky. Funkce a popis komunikace s hlavní jednotkou prostřednictvím

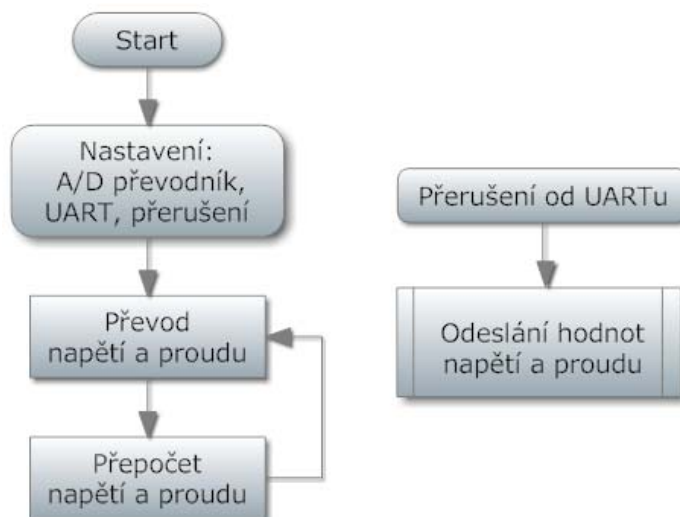
rozhraní UART je popsáno v podkapitole 4.3.



Obr. 5.2: Vývojový diagram jednotky SF-SOS.

5.1.3 Vývojový diagram jednotky SEV

Vývojový diagram jednotky SEV je uveden na obrázku 5.3. Po startu se nastaví A/D převodník, rozhraní UART a povolí se globální přerušení. Po nastavení se program dostává do cyklu, ve kterém se střídá převod a přepočet hodnot napětí a proudu. Převod je detailněji popsán v podkapitole 3.1.1. Činnost cyklu (A/D převodu a přepočtu) je vždy přerušena, pokud hlavní jednotka pošle žádost o zaslání hodnot napětí a proudu. Komunikace s hlavní jednotkou prostřednictvím UART je popsán v podkapitole 4.3.



Obr. 5.3: Vývojový diagram jednotky Snímání elektrických veličin.

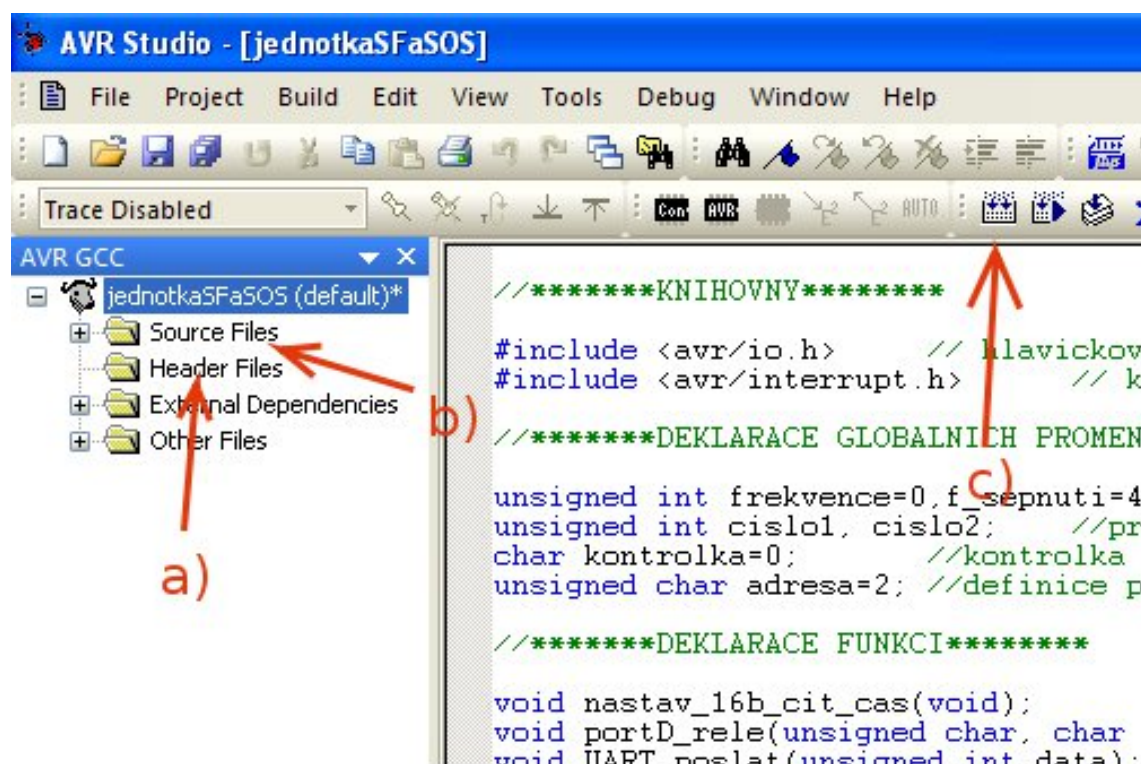
5.2 Vytvoření programu v AVR Studiu

AVR Studio slouží jako vývojové prostředí pro psaní programů pro mikrokontroléry rodiny AVR. AVR Studio lze zdarma stahovat z webových stránek firmy Atmel. Napsat

program lze ve dvou jazycích, jazyku ASSEMBLER a jazyku C. V AVR Studiu lze napsaný program zkontrolovat, zdali se v něm nevyskytují chyby, zkompileovat (přeložit) do formátu, který lze přímo nahrát do mikrokontrolérů (viz. Podkapitola 5.4) a také virtuálně odladit.

Postup:

- spuštění AVR Studia kliknutím na ikonu
- v menu okna zvolit: *Project/ New Project*
- objeví se menší okno. Zde se volí, v jakém jazyku se program bude psát (Assembler, C = GCC), také se zde zvolí umístění souboru a název projektu. Poté stisknout NEXT.
- v následujícím okně se zvolí prostředí ladění (AVR Simulator) a zařízení (název MCU, např. ATmega16), do kterého se má nahrávat program.
- po stisknutí FINISH se objeví prostředí, do kterého se vepíše program (Obr. 5.4).



Obr. 5.4: Ukázka psaní programu v AVR Studiu.

Vysvětlivky k Obr. 5.4:

- kliknutím pravým tlačítkem myši lze přidávat hlavičkové soubory
- kliknutím pravým tlačítkem myši lze přidávat zdrojové soubory (s příponou „.c“)
- Build Active Configuration – přeloží zdrojový kód a vypíše hlášení o chybách

5.3 Programátor

Programátor je zařízení umožňující zápis zdrojového kódu programu do programovaného zařízení. Programátor si lze vyrobit, nebo také zakoupit. K zakoupeným programátorům se dodávají také ovladače pro osobní počítač, na který bude připojen.

Při vývoji MSME byl používán **ISP programátor s převodníkem na USB**. Programátor tedy obsahuje převodník, který umožní napojení do osobního počítače na USB konektor. Komunikace mezi programátorem (MCU – master) a programovaným zařízením (MCU – slave) probíhá po sériové lince, k čemuž stačí 6 vodičů:

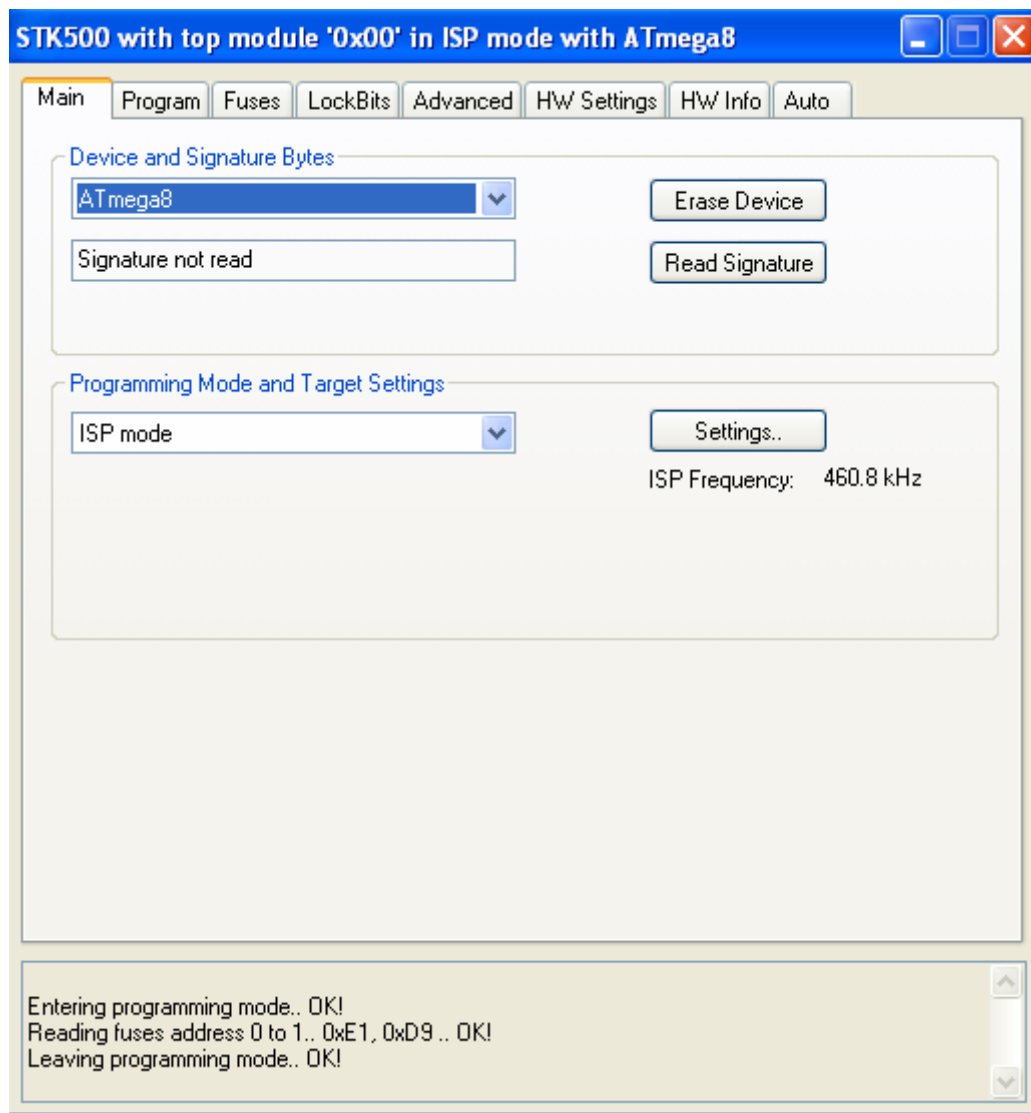
- MISO – (Master In Slave Out) signál od podřízeného MCU k nadřízenému
- MOSI – (Master Out Slave In) signál od nadřízeného MCU k podřízenému
- SCK – hodinový signál určující rychlost přenosu
- RESET – hodnota na pinu reset je v pozici log. nuly
- VCC – napájecí napětí
- GND – zem vůči napájecímu napětí

SPI (Serial Peripheral Interface) rozhraní dnes obsahují téměř všechny mikrokontroléry. Velkou výhodou programování prostřednictvím sériové linky je, že není třeba vyjímat podřazený mikrokontrolér při programování. Nevýhodou je nemožnost odladění aplikace.

5.4 Nahrání programu do mikrokontroléru

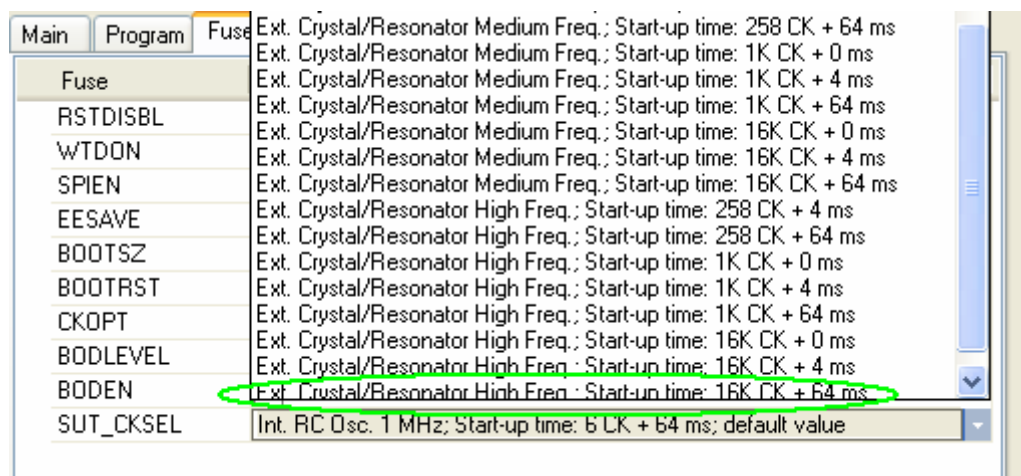
Následující postup ukazuje, jakým způsobem lze pomocí AVR Studia nahrát napsaný program do mikrokontroléru.

- 1) Napsaný program přeložit (viz. 5.2 c), čímž se v adresáři projektu vytvoří soubor s příponou *hex*.
- 2) Připojení vybraného programátoru – *Tools/ Program AVR/ Connect...* Objeví se podokno, ve kterém je třeba zvolit platformu a port, na který je připojen programátor k počítači. Poté stisknout *Connect...* Tento krok někdy vyžaduje již kompletní připojení *pc-programátor-MCU*.
- 3) Objeví se další podokno se záložkami (viz. Obr. 5.5)



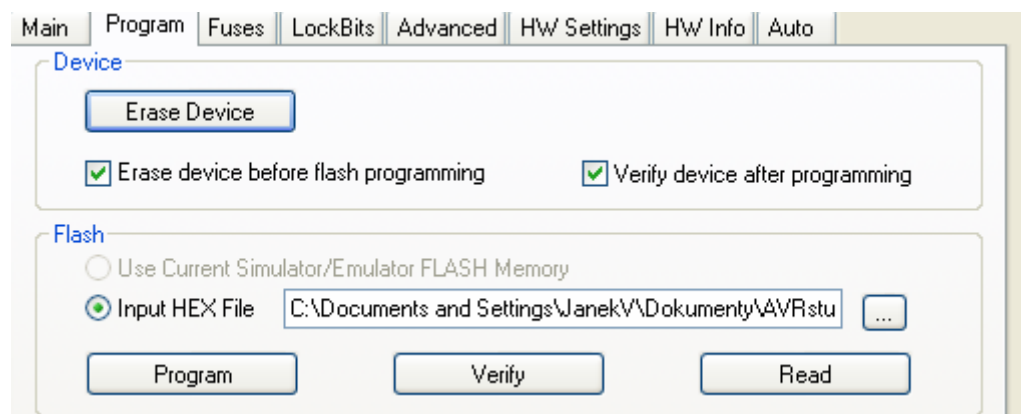
Obr. 5.5: Podokno při nahrávání programu do MCU.

- Main – zvolí se programovaný mikrokontrolér (ATmega16, ATmega8, ATtiny2313). Možnost *Read Signature* provede kontrolu připojeného mikrokontroléru, aniž by do něj bylo cokoli nahráváno.
- Fuses – nastavení zdroje hodinového signálu, 16 MHz externí oscilátor (Obr. 5.6)



Obr. 5.6: Nastavení zdroje hodinového signálu.

- Program – nahrání programu do programové paměti Flash (Obr. 5.7).



Obr. 5.7: Nahrání zdrojového kódu s příponou hex.

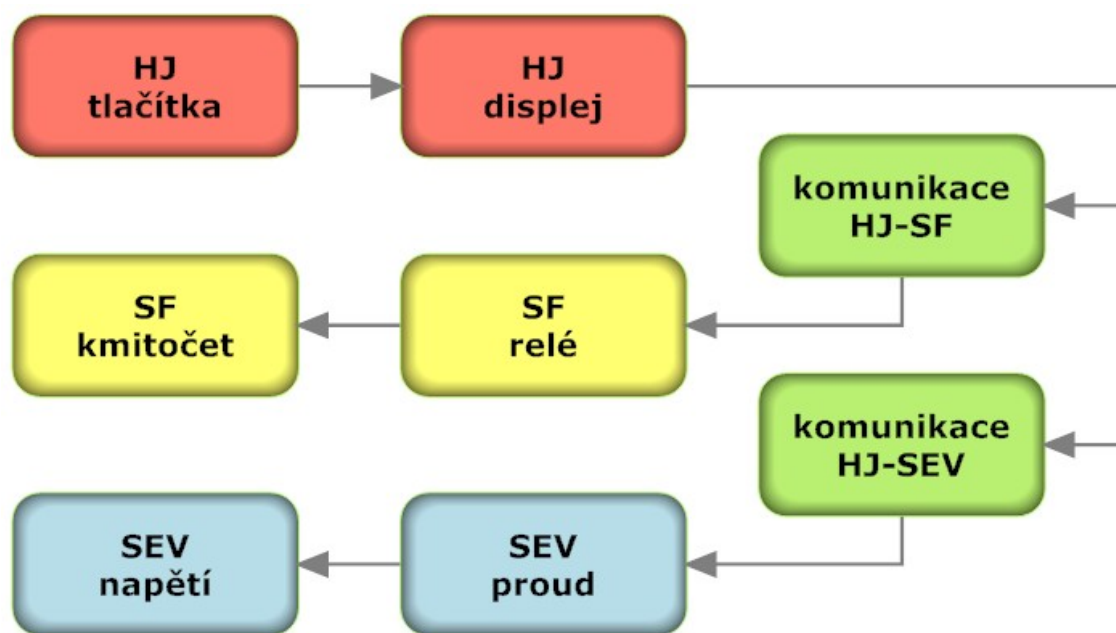
Je třeba vybrat příslušný soubor s příponou hex z adresáře projektu. Je vhodné provést smazání předchozího obsahu paměti *Erase Device*. Poté se nahrává program do mikrokontroléru stiskem *Program*.

6 OŽIVENÍ A TESTOVÁNÍ

V kapitole je popsán postup při oživování a následně testování. Jsou zde uvedeny teoretické parametry, jakých by zařízení mělo dosahovat a možnosti budoucího zdokonalení.

6.1 Oživení

Jelikož MSME je poprvé zkonstruované zařízení, které má plnit funkci prototypu, byl zvolen způsob postupného oživení. Postup oživení je naznačen na následujícím blokovém znázornění (Obr. 6.1).



Obr. 6.1: Blokové schéma postupu při oživování.

K oživování byly použity zredukované programové kódy.

6.2 Teoretické parametry a vlastnosti

Kmitočet

Rozah: 15 až 65 535 ot/min
Rozlišení: 1 ot/min

Napětí

Rozah: 10 až 470 V
Druh: střídavý, stejnosměrný, pulzní
Rozlišení: 0,5 V

Proud

Rozah: 0 až 20 A

Druh: střídavý, stejnosměrný

Rozlišení: 0,04 A

Vlastnosti:

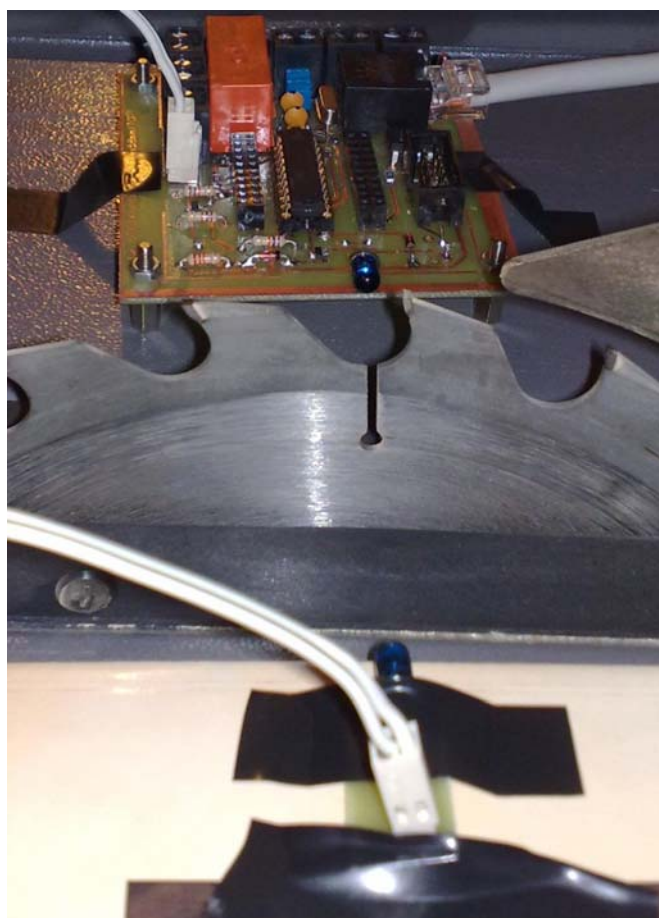
- Ukládání a čtení z paměti celkové elektrické práce, vyrobené od začátku zprovoznění systému. Nelze mazat tlačítka, pouze programově.
- Průběžné ukládání hodnot naměřeného výkonu.

6.3 Testované parametry a vlastnosti

Z důvodu nedostatku času a technického vybavení, bylo provedeno měření kmitočtu a výkonu na jedné hodnotě.

6.3.1 Test měření kmitočtu

Měření kmitočtu bylo prováděno na stolní pile s uváděnou hodnotou frekvence otáčení 3100 ot/min. K měření bylo využito zářezů na pilovém kotouči (Obr. 6.2).



Obr. 6.2: Test měření kmitočtu.

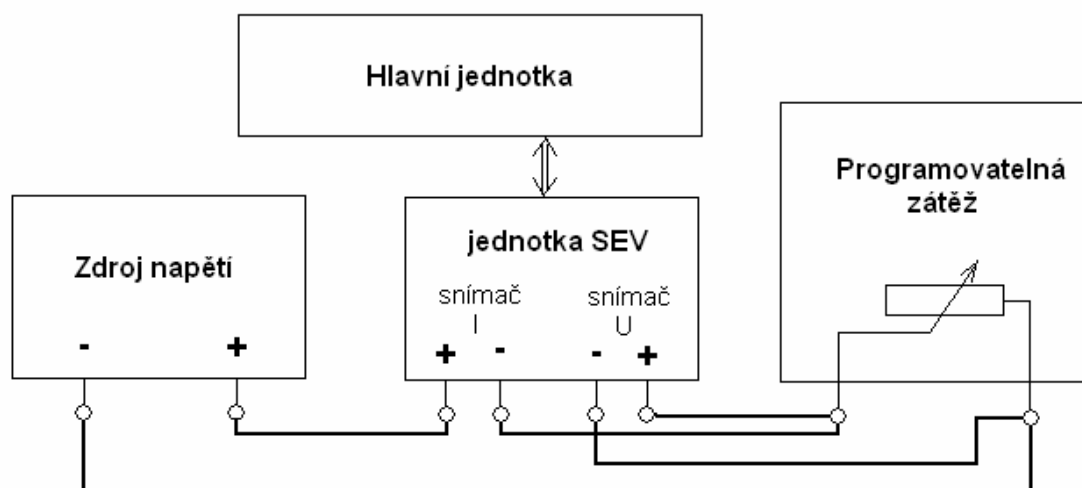
Na displeji se zobrazila naměřená hodnota 3104 ot/min (Obr. 6.3).



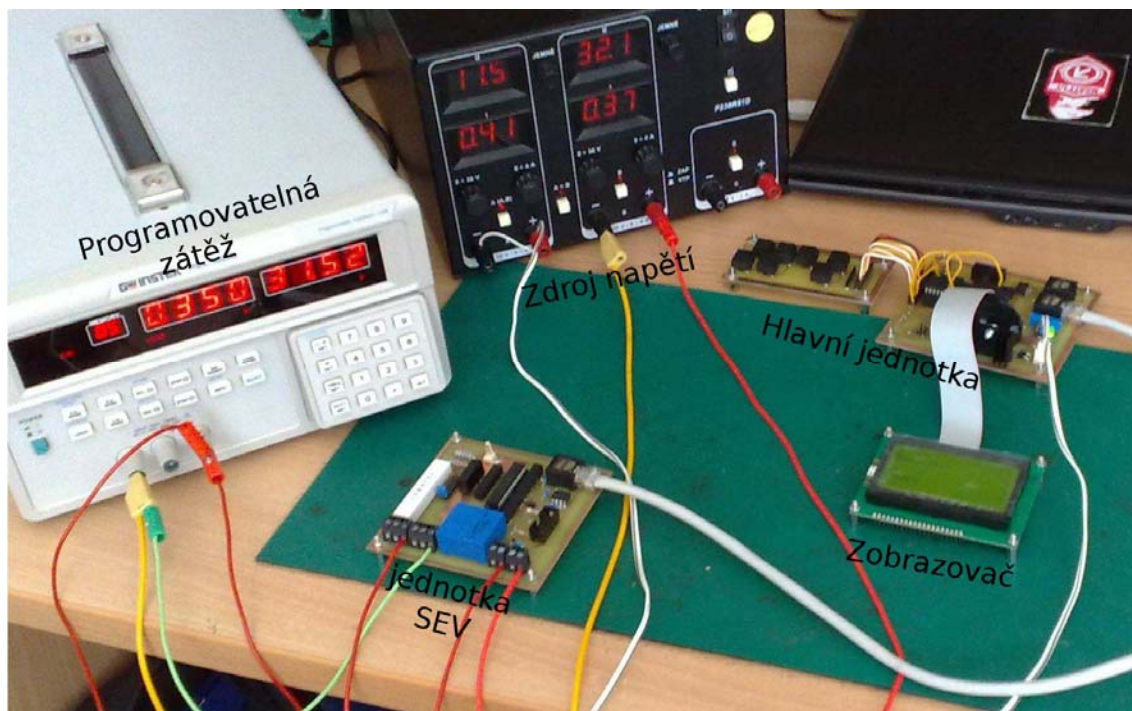
Obr. 6.3: Zobrazení naměřené hodnoty kmitočtu.

6.3.2 Test měření výkonu

Testování měření výkonu bylo prováděno za pomoci programovatelné zátěže, kterou bylo možno napájet maximálně 30 V. Zapojení, na kterém bylo testováno, je zobrazeno na (Obr. 6.3, 6.4).



Obr. 6.4: Schéma zapojení pro měření výkonu.



Obr. 6.5: Test měření výkonu.

Na programovatelné zátěži bylo nastaveno 90 Ω . Napájecí napětí činilo 32 V. Dle vzorce (6.1) je předpokládaný výkon 11,38 W.

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{32^2}{90} = \underline{\underline{11,38\text{W}}} \quad (6.1)$$

kde: P ... předpokládaný výkon na programovatelné zátěži

U ... hodnota napájecího napětí

R ... odpor nastavený na programovatelné zátěži

Jak je ukázáno na obrázku níže (6.6), naměřená hodnota výkonu činila 10,82 W.

Chyba měření je způsobena chybami součástek a zaokrouhlováním v matematických operacích při výpočtech.



Obr. 6.6: Zobrazení naměřené hodnoty výkonu.

6.4 Možnosti inovace

Zařízení je funkční pouze v první verzi, které je popsáno v dokumentu výše. Je však počítáno s dalším rozšiřováním funkcí, které jsou popsány níže:

- Grafické zpracování – uživatelsky více přívětivé.
- RTC – zařazení obvodu reálného času.
- Graf – vykreslování grafu uložených záznamů.
- Bezdrátová komunikace mezi jednotkami.

7 ZÁVĚR

V této práci je popsáno, jak zrealizovat monitorovací systém pro malé elektrárny. Lze z ní vyčíst, jakým způsobem bylo postupováno od návrhu, přes výrobu, po oživení.

Zařízení je složeno ze tří jednotek, které spolu tvoří celek monitorovacího systému pro malé elektrárny. Jednotky lze využít také odděleně, pro měření kmitočtu, nebo měření výkonu.

Jednotka snímání frekvence a spínání ovladače spojky byla vybavená mikrokontrolérem ATtiny2313, do kterého přichází impulzy z optické závory, pomocí níž jsou počítány otáčky pohánějící hřídele. Spínání a rozepínání ovladače spojky je prováděno pomocí relé RT2 bistable.

Jednotka snímání elektrických veličin disponuje snímačem proudu ACS712 a snímačem napětí LV 25-P, ze kterých vychází stejnosměrné napětíové úrovně, které jsou zpracovávány A/D převodníkem obsaženým v mikrokontroléru ATmega8.

Hlavní jednotka se skládá ze 4 pomyslných bloků. MIKROKONTROLÉRU ATmega16 od firmy Atmel. Grafického ZOBRAZOVAČE ATM12864D, externí eeprom PAMĚTI AT24C512B a napájecího bloku, který poskytuje na svém výstupu stabilizované napětí +5 V. Hlavní jednotka pro ostatní jednotky působí jako master. V daném okamžiku si vyžádá od podřízených jednotek naměřené hodnoty. Z obdržených hodnot napětí a proudu spočítá aktuální výkon. V hlavní jednotce je čítač/časovač měřen čas, který slouží k výpočtu celkově vyrobené elektrické energie.

Pro komunikaci mezi jednotkami bylo zvoleno standardu RS485, jedná se o sériovou komunikaci. Pro ni jsou využity rozhraní USART, které obsahují všechny použité mikrokontroléry. Převod USART/RS485 zajišťuje integrovaný obvod MAX488, který umožňuje plně duplexní komunikaci.

Z důvodu časové tísně při dokončování nebylo provedeno testování dle očekávání. Chybí srovnání naměřených parametrů s předpokládanými. Nebyly k dispozici zařízení, na kterých by se dalo testovat mezní chování zhotoveného výrobku monitorovacího systému pro malé elektrárny.

LITERATURA

- [1] MATOUŠEK, D, *Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR – Atmega16*, BEN – technická literatura, Praha 2006, ISBN 80-7300-174-8
- [2] Katalogový list mikrokontroléru ATmega16 [online] Atmel Corporation [cit. 6. října 2010]. Dostupné na: <http://www.alldatasheet.com>
- [3] HW server s.r.o. [online], [cit. 11. březen 2010]. Dostupné na: <http://hw.cz/novinky/art2725-ovladani-grafickych-lcd-modulu-s-radice-ks0108-s6b0108.html>
- [4] Katalogový list modulu LCD ATM12864D [online] [cit. 18. říjen 2010]. Dostupné na: http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/513/513-118/dsh.513-118.1.pdf
- [5] Katalogový list modulu řadiče KS0108 [online] Samsung semiconductor [cit. 22. říjen 2010]. Dostupné na: <http://www.alldatasheet.com>
- [6] Katalogový list modulu paměti AT24C1512B [online] Atmel Corporation [cit. 26. říjen 2010]. Dostupné na: <http://www.alldatasheet.com>
- [7] TRNÍK, J, Digitální otáčkoměr, Praktická elektronika A Radio, 04/2010. Praha: AMARO, 2010.
- [8] Katalogový list modulu ATtiny2313 [online] Atmel Corporation [cit. 14. listopad 2010]. Dostupné na: <http://www.alldatasheet.com>
- [9] Katalogový list modulu ACS712 [online] Allegro MicroSystems [cit. 19. listopad 2010]. Dostupné na: <http://www.alldatasheet.com>
- [10] Katalogový list modulu ATmega8 [online] Atmel Corporation [cit. 2. prosinec 2010]. Dostupné na: <http://www.alldatasheet.com>
- [11] Katalogový list modulu MAX488 [online] Maxim Integrated Products [cit. 7. prosinec 2010]. Dostupné na: <http://www.alldatasheet.com>
- [12] HW server s.r.o. [online], [cit. 14. červenec 2007]. Dostupné na: <http://automatizace.hw.cz/zakladni-informace-o-rs-485-rs-422-pro-kazdeho>
- [13] Katalogový list lineárního regulátoru 7805AP [online], [cit. 29. říjen 2010]. Dostupné na: <http://www.alldatasheet.com>
- [14] Katalogový list lineárního snímače napětí LV 25-P [online], [cit. 1. leden 2011]. Dostupné na: <http://www.lem.com/docs/products/lv%2025-p.pdf>
- [15] LEM [online], [cit. 1. leden 2011]. Dostupné na: <http://www.lem.com>
- [16] Katalogový list DC/DC měniče napětí [online], Aimtec [cit. 22. duben 2011]. Dostupné na: http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/332/332-213/dsh.332-213.1.pdf
- [17] SKOPAL, M. *Knihovna prvků pro mikrokontrolery Atmel AVR a grafické displeje*. Bakalářská práce. Brno: FEKT VUT v Brně, 2008

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

MSME	Monitorovací systém pro malé elektrárny
SEV	Snímání elektrických veličin
SF	Snímání frekvence
SOS	Spínání ovládání spojky
MCU	Microcontroller Unit, Mikrokontrolér
RAM	Random Access Memory, Paměť s přímým přístupem
FLASH	Druh paměti
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, Elektricky mazatelná paměť typu ROM
SPI	Serial Peripheral Interface, Sériové periferní rozhraní
USART	Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter, Univerzální synchronní / asynchronní přijímač a vysílač
TWI	Two-Wire serial Interface, Dvouvodičové sériové rozhraní
I2C	Inter-Integrated Circuit, sériová sběrnice
AVR	Označení rodiny 8-bitových RISC mikročipů od firmy Atmel
RISC	Reduced Instruction Set Computer, Redukovaná instrukční sada pro mikročipy
DPS	Deska plošných spojů
MIPS	Million Instructions Per Second, Milion instrukcí za sekundu
USI	Universal Serial Interface, Univerzální sériové rozhraní
SRAM	Static Random Access Memory, Statická RAM paměť
SPS	Samples Per Second, Vzorků za sekundu
FTP	Foiled Twisted Pair, Stíněná kroucená dvojlinka

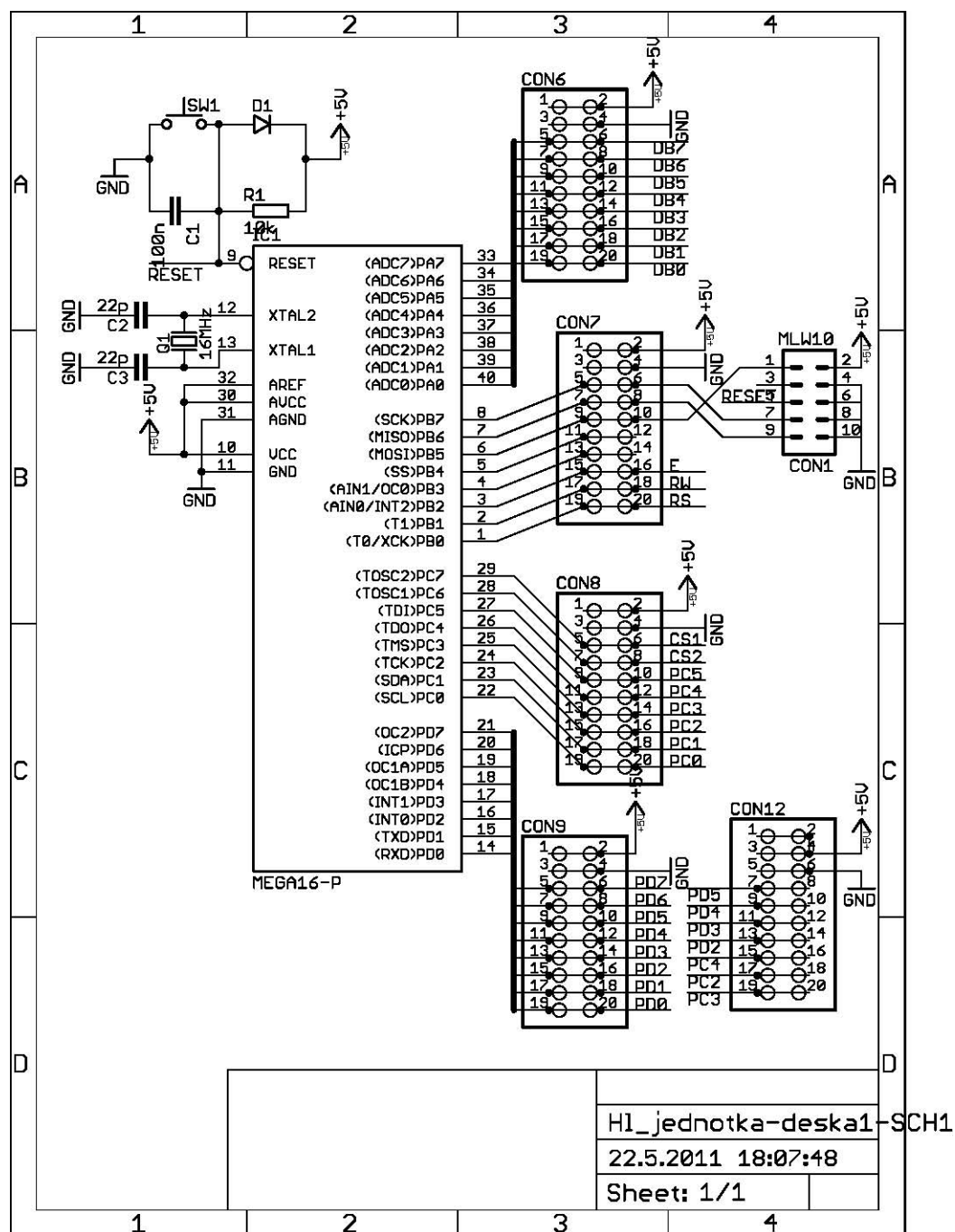
SEZNAM PŘÍLOH

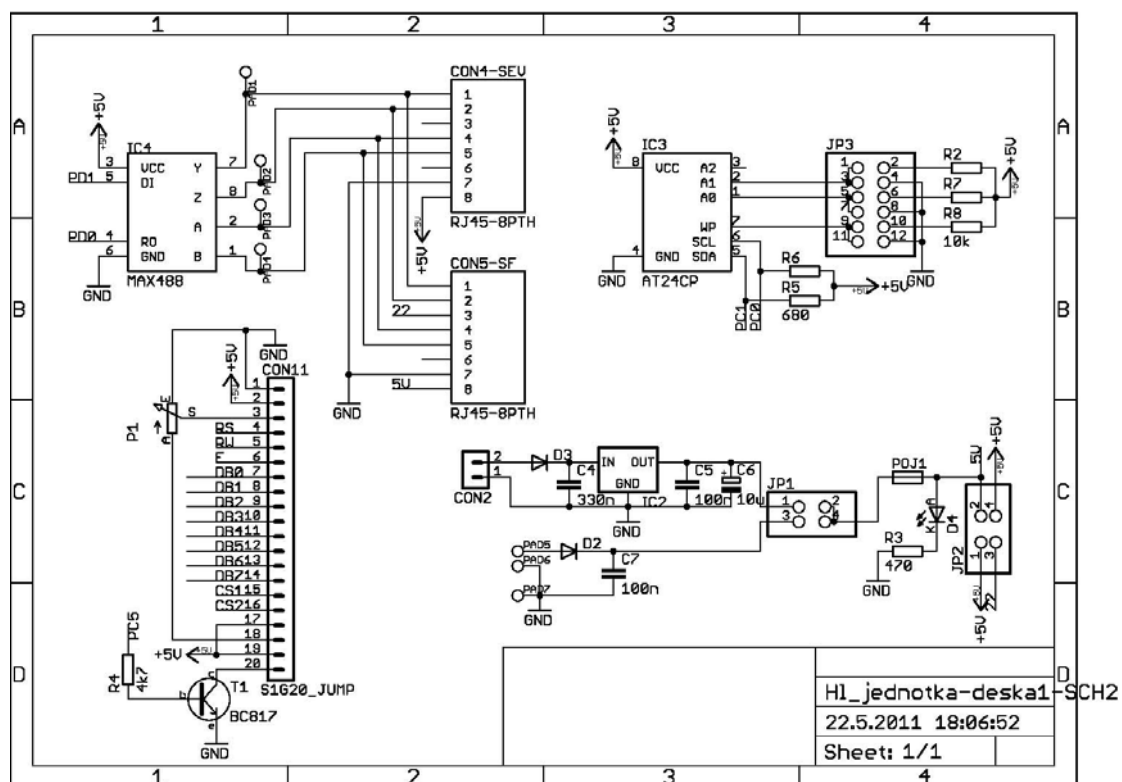
A	Návrh zařízení	46
A.1	Návrh zařízení Hlavní jednotky – deska 1.....	46
A.1.1	Obvodové zapojení.....	46
A.1.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek)	47
A.1.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů).....	48
A.2	Návrh zařízení Hlavní jednotky – deska 2.....	49
A.2.1	Obvodové zapojení.....	49
A.2.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek)	50
A.2.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů).....	50
A.3	Návrh zařízení jednotky snímání frekvence a spínání ovládání spojky – deska 1	51
A.3.1	Obvodové zapojení.....	51
A.3.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek)	53
A.3.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů).....	53
A.4	Návrh zařízení jednotky snímání frekvence a spínání ovládání spojky – deska 2	54
A.4.1	Obvodové zapojení.....	54
A.4.2	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů).....	54
A.5	Návrh zařízení jednotky snímání elektrických veličin	55
A.5.1	Obvodové zapojení.....	55
A.5.2	Deska plošného spoje – top (strana součástek)	56
A.5.3	Deska plošného spoje – bottom (strana spojů).....	57
B	Seznam součástek	58
B.1	Seznam součástek – Hlavní jednotky	58
B.2	Seznam součástek – jednotky snímání frekvence a spínání ovládání spojky 59	59
B.3	Seznam součástek – jednotky snímání elektrických veličin.....	60

A NÁVRH ZAŘÍZENÍ

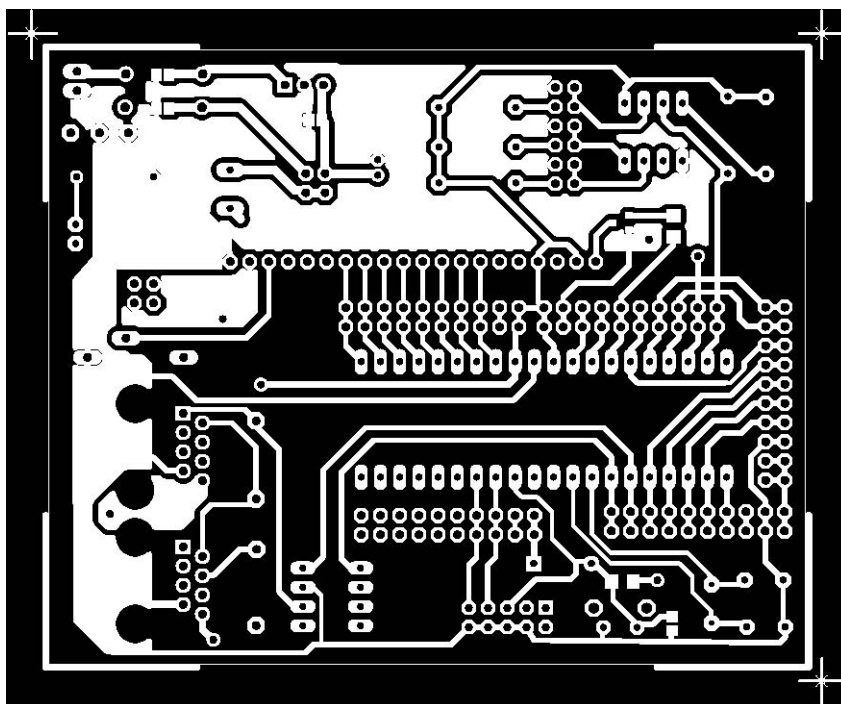
A.1 Návrh zařízení Hlavní jednotky – deska 1

1. Obvodové zapojení



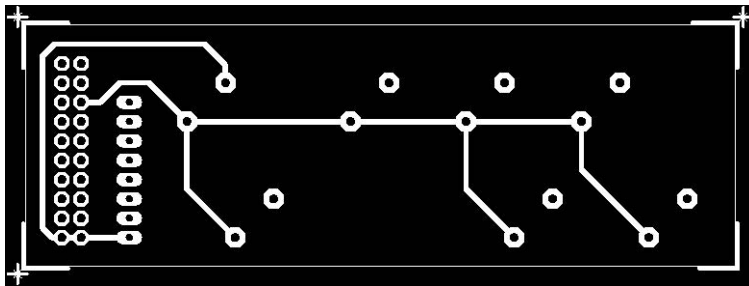


3. Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)



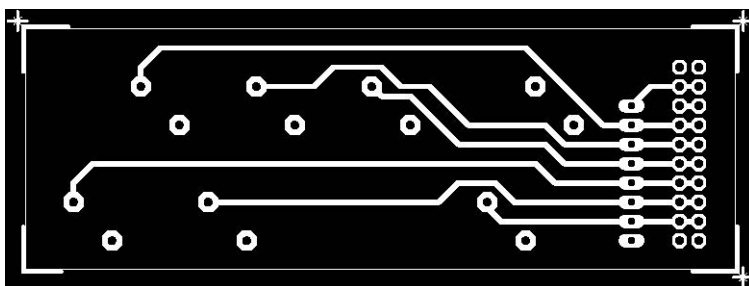
Rozměr desky 100 x 81 [mm], měřítko M1:1

5. Deska plošného spoje – top (strana součástek)



Rozměr desky 94 x 32 [mm], měřítko M1:1

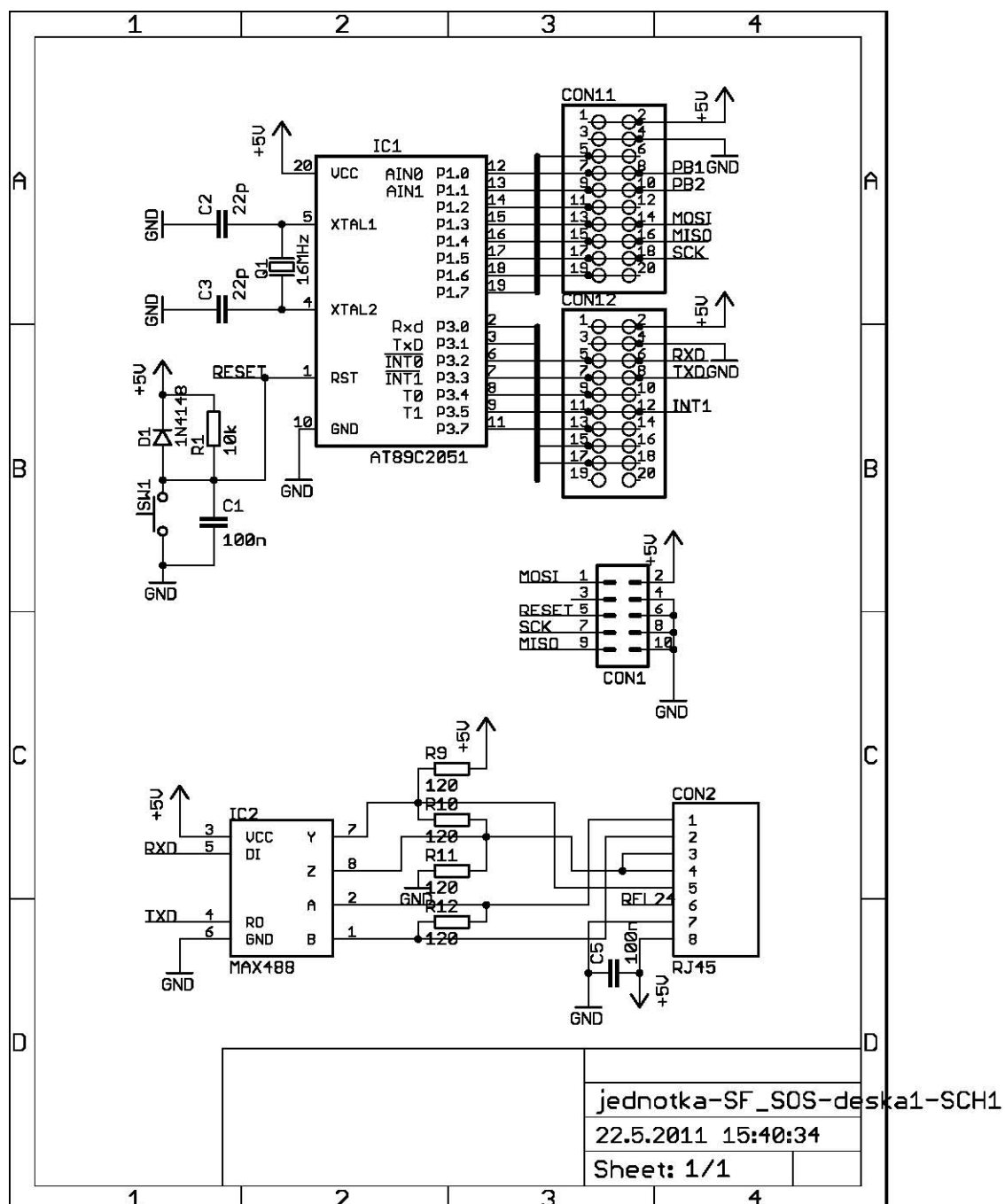
6. Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)



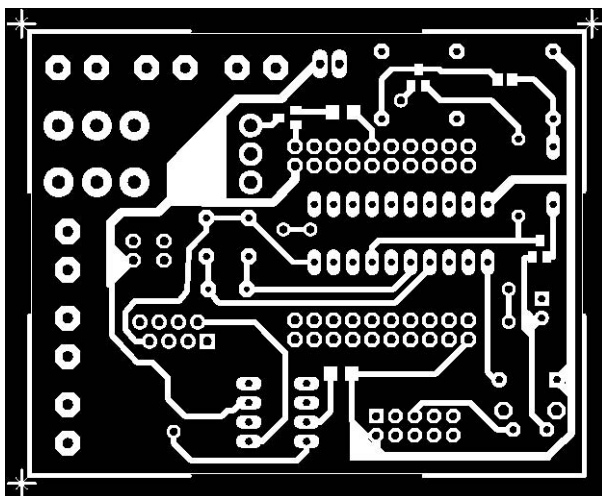
Rozměr desky 94 x 32 [mm], měřítko M1:1

A.3 Návrh zařízení jednotky snímání frekvence a spínání ovládání spojky – deska 1

7. Obvodové zapojení

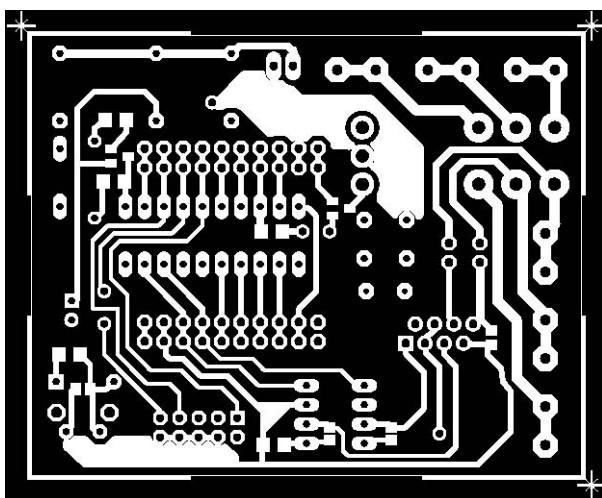


8. Deska plošného spoje – top (strana součástek)



Rozměr desky 73 x 58 [mm], měřítko M1:1

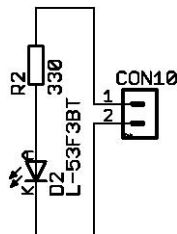
9. Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)



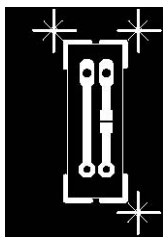
Rozměr desky 73 x 58 [mm], měřítko M1:1

A.4 Návrh zařízení jednotky snímání frekvence a spínání ovládání spojky – deska 2

10. Obvodové zapojení



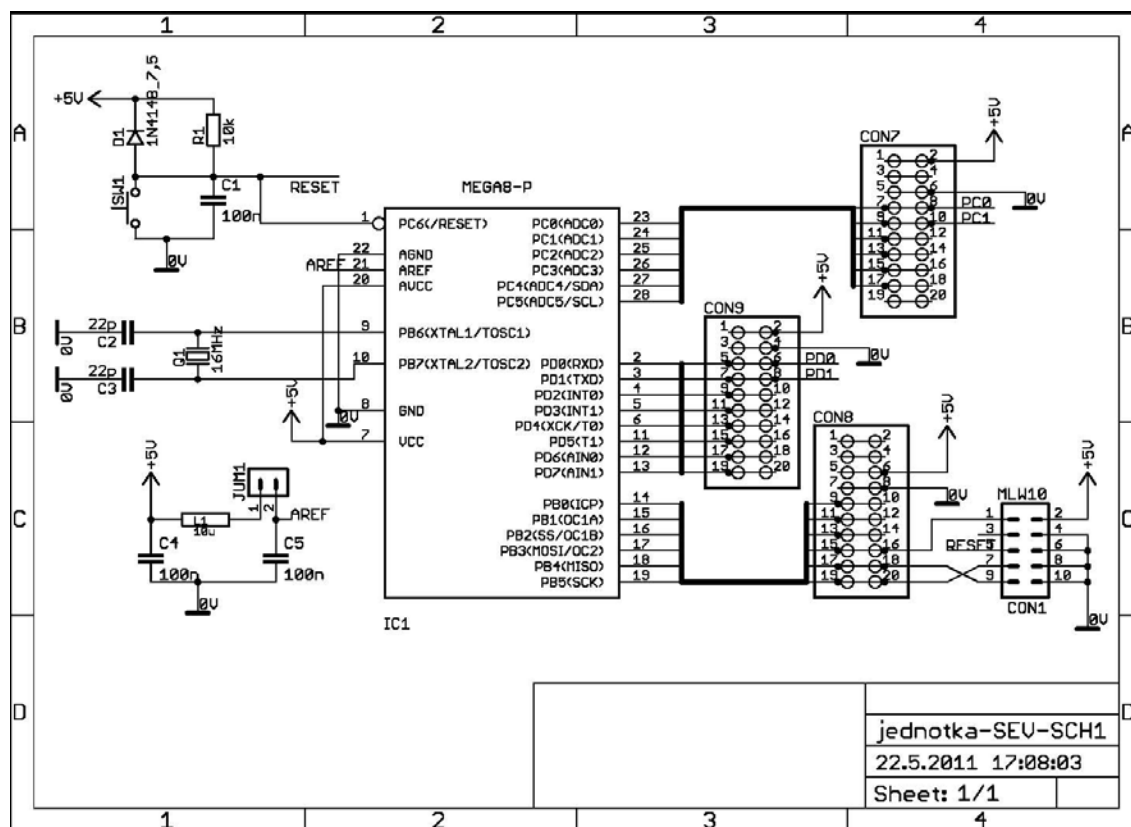
11. Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)

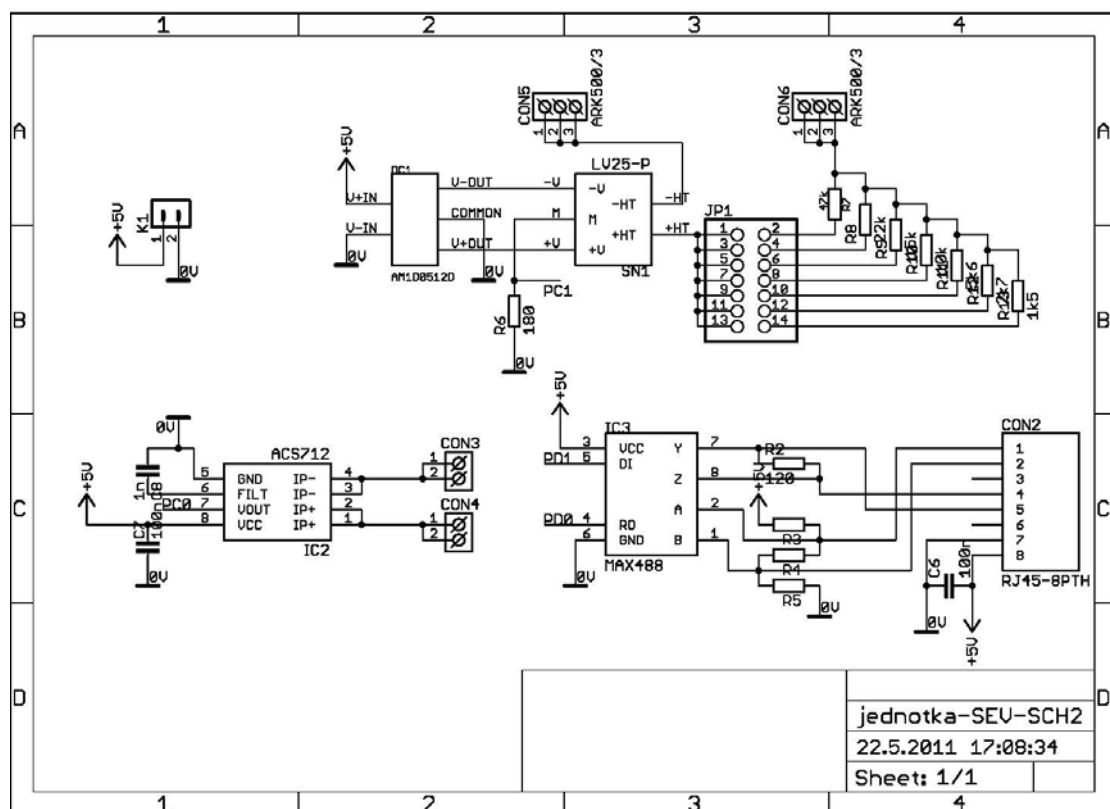


Rozměr desky 20 x 8 [mm], měřítko M1:1

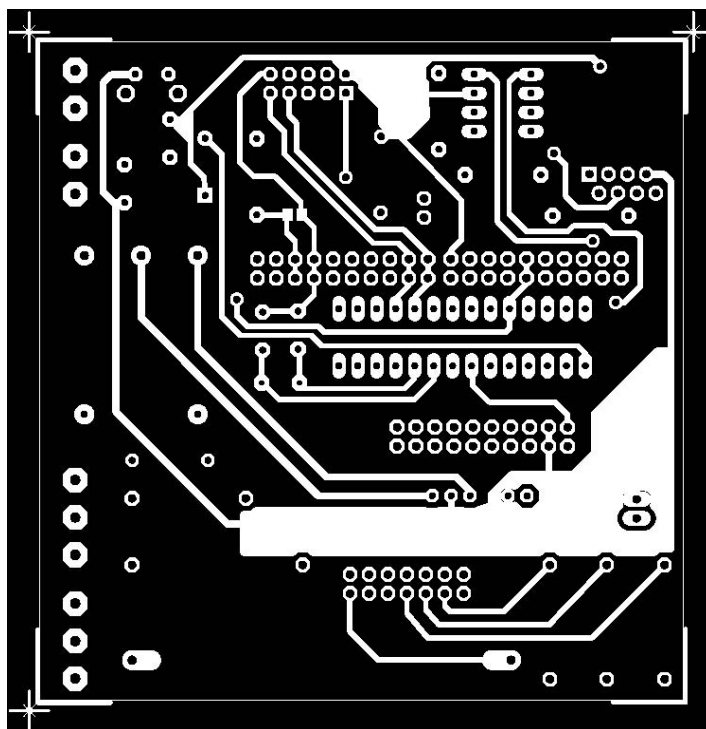
A.5 Návrh zařízení jednotky snímání elektrických veličin

12. Obvodové zapojení



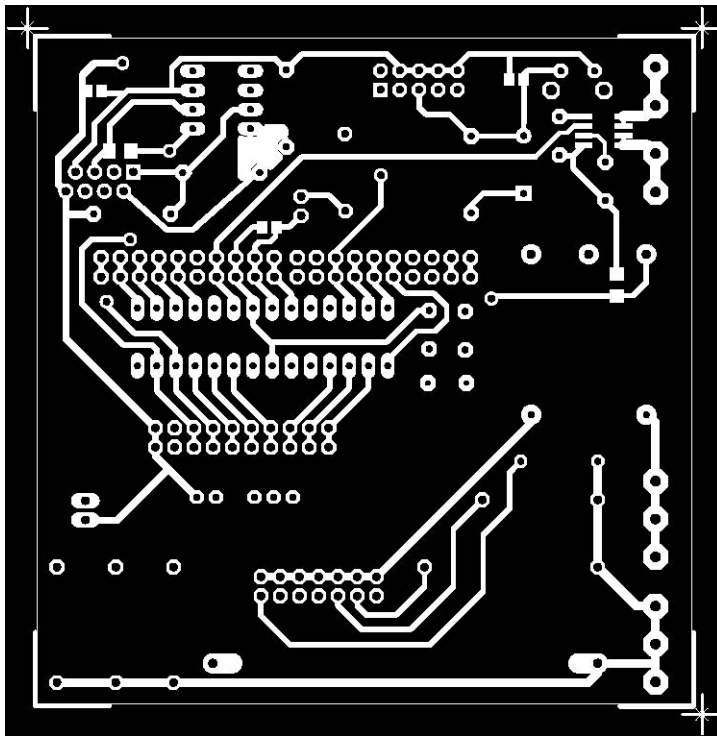


13. Deska plošného spoje – top (strana součástek)



Rozměr desky 87 x 82 [mm], měřítko M1:1

14. Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)



Rozměr desky 87 x 82 [mm], měřítko M1:1

B SEZNAM SOUČÁSTEK

B.1 Seznam součástek – Hlavní jednotky

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
R1	10k	1206	Rezistor SMD
R2	10k	0207	Rezistor uhlíkový
R3	470	0207	Rezistor uhlíkový
R4	4k7	1206	Rezistor SMD
R5	680	0207	Rezistor uhlíkový
R6	680	0207	Rezistor uhlíkový
R7	10k	0207	Rezistor uhlíkový
R8	10k	0207	Rezistor uhlíkový
C1	100n	0805	Kondenzátor keramický SMD
C2	22p	4,3 mm	Keramický kondenzátor 22P/50 V
C3	22p	4,3 mm	Keramický kondenzátor 22P/50 V
C4	330n	0805	Kondenzátor keramický SMD
C5	100n	0805	Kondenzátor keramický SMD
C6	10uF/25V	5 x 11, RM = 2 mm	Kondenzátor elektrolytický radiální Standardní
C7	100n	0805	Kondenzátor keramický SMD
D1	1N4148	DO35	Dioda 75V/0,2A
D2	1N5818	DO41	Dioda 30V/1A
D3	1N5818	DO41	Dioda 30V/1A
D4	L-53GD	T-1 3/4	LED 5mm zelená
SW1	PHAP 3305		Mikrotlačítko
SW2	P-B1715		Tlačítko
SW3	P-B1715		Tlačítko
SW4	P-B1715		Tlačítko
SW5	P-B1715		Tlačítko
SW6	P-B1715		Tlačítko
SW7	P-B1715		Tlačítko
SW8	P-B1715		Tlačítko
RN1	7x10k	SIP8	Rezistorová síť
POJ1	250mA	5mm	pojistka radialni
P1	10k	PM19K010	Trimr
JP1	S2G20		Jumper
JP2	S2G20		Jumper
JP3	S2G20		Jumper
IC1	ATmega16	DIP40	Mikrokontrolér
IC2	7805	TO220	plast. stab. +5V 1A
IC3	AT24C512	DIP8	EEPROM paměť
IC4	MAX488ECPA	DIP8	Vysílač s přijímačem RS-485
Q1	QM 16.000MHZ	HC49/U-S	Krystal 16MHz
T1	BC817	SOT23	SMD bipolární NPN tranzistor
CON1		MLW10G	Konektor MLV 2x5pin
CON2		PSH02-02P	Napájení z baterie

CON3		BL220G	Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá
CON4-SEV		RJ45	Konektor pro TP kabel
CON5-SF		RJ45	Konektor pro TP kabel
CON6		BL220G	Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá
CON7		BL220G	Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá
CON8		BL220G	Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá
CON9		BL220G	Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá
CON10			Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá
CON11		S1G20	Oboustranný kolík, přímý - jednořadý
	ATM12864D		Grafický LCD displej
CON12		BL220G	Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá

B.2 Seznam součástek – jednotky snímání frekvence a spínání ovládání spojky

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
R1	10k	1206	Rezistor SMD
R2	330	0805	Rezistor SMD
R3	10k	0207	Rezistor uhlíkový
R4	10k	1206	Rezistor SMD
R5	10k	0207	Rezistor uhlíkový
R6	10k	0207	Rezistor uhlíkový
R7	22k	0207	Rezistor uhlíkový
R8	1k	1206	Rezistor SMD
R9	120	1206	Rezistor SMD
R10	120	0805	Rezistor SMD
R11	120	1206	Rezistor SMD
R12	120	0805	Rezistor SMD
R13	1k	1206	Rezistor SMD
R14	1k	1206	Rezistor SMD
C1	100n	0805	Kondenzátor keramický SMD
C2	22p	4,3 mm	Keramický kondenzátor 22P/50 V
C3	22p	4,3 mm	Keramický kondenzátor 22P/50 V
C4	100n	0805	Kondenzátor keramický SMD
C5	100n	0805	Kondenzátor keramický SMD
D1	1N4148	DO35	Dioda 75V/0,2A
D2	L-53F3BT	5mm	Infra LED
D3	1N4148	DO35	Dioda 75V/0,2A
T1	L-53P3BT	5mm	Fototranzistor
T2	BC846	SOT23	SMD bipolární NPN tranzistor
T3	BC846	SOT23	SMD bipolární NPN tranzistor
T4	BC846	SOT23	SMD bipolární NPN tranzistor
T5	BCW68	SOT23	SMD bipolární PNP tranzistor
T6	BCW68	SOT23	SMD bipolární PNP tranzistor
CON1		MLW10G	Konektor MLV 2x5pin
CON2		RJ45	Konektor pro TP kabel

CON3		AK 100/2-DS-5.0-V-GREY	Svorkovnice
CON4		AK 100/2-DS-5.0-V-GREY	Svorkovnice
CON5		AK 100/2-DS-5.0-V-GREY	Svorkovnice
CON6		AK 100/2-DS-5.0-V-GREY	Svorkovnice
CON7		AK 100/2-DS-5.0-V-GREY	Svorkovnice
CON8		AK 100/2-DS-5.0-V-GREY	Svorkovnice
CON9		PSH02-02P	napajeni diody (2piny se zamkem)
CON10		PSH02-02P	napajeni diody (2piny se zamkem)
CON11		BL220G	Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá
CON12		BL220G	Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá
IC1	ATTINY2313V-10PU	DIL20	Mikrokontrolér
IC2	MAX488ECPA	DIL8	Vysílač s přijímačem RS-485
REL1	RT424F05		Bistabilní relé 5V
Q1	QM 10.000MHZ	HC49/U-S	Krystal 16MHz
SW1	PHAP 3305		Mikrotlačítko
JP1	S1G20		Jumper
JP2	S1G20		Jumper

B.3 Seznam součástek – jednotky snímání elektrických veličin

Označení	Hodnota	Pouzdro	Popis
R1	10k	0207	Rezistor uhlíkový
R2	120	1206	Rezistor SMD
R3	120	0207	Rezistor metalizovaný
R4	120	0207	Rezistor metalizovaný
R5	120	0207	Rezistor metalizovaný
R6	180	1206	Rezistor SMD
R7	47k	KERAM 48x9,5x9 mm	Rezistor metaloxidový 47K Ohm
R8	22k	0922	Rezistor metaloxidový 22K Ohm
R9	15k	0414	Rezistor metaloxidový
R10	10k	0414	Rezistor metaloxidový
R11	5,6k	0414	Rezistor metaloxidový
R12	2,7k	0414	Rezistor metaloxidový
R13	1,5k	0207	Rezistor metalizovaný
L1	10μH	0207	Tlumivka
C1	100n	0805	Kondenzátor keramický SMD
C2	22p	4,3 mm	Keramický kondenzátor 22P/50 V
C3	22p	4,3 mm	Keramický kondenzátor 22P/50 V
C4	100n	0805	Kondenzátor keramický SMD
C5	100n	0805	Kondenzátor keramický SMD
C6	100n	0805	Kondenzátor keramický SMD

C7	100n	4,3 mm	Keramický kondenzátor
C8	1n	5mm	Keramický kondenzátor
D1	1N4148	DO35	Dioda 75V/0,2A
SW1	PHAP 3305		Mikrotlačítko
Q1	QM	HC49/U-S	Krystal 16MHz
IC1	ATmega8	DIL28	Mikrokontrolér
IC2	ACS 712	S08	Čidlo proudu
IC3	MAX488ECPA	DIL8	Vysílač s přijímačem RS-485
SN1	LV25-P		Čidlo napětí
DC1	AM1D0512D	SIP7	DC/DC měnič
JP1		S2G20	Jumper
CON1		MLW10G	Konektor MLV 2x5pin
CON2		RJ45	Konektor pro TP kabel
CON3		AK 100/2-DS-5.0-V-GREY	Svorkovnice
CON4		AK 100/2-DS-5.0-V-GREY	Svorkovnice
CON5		AK 100/3-DS-5.0-V-GREY	Svorkovnice
CON6		AK 100/3-DS-5.0-V-GREY	Svorkovnice
CON7		BL220G	Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá
CON8		BL220G	Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá
CON9		BL220G	Dutinková lišta do DPS přímá - dvouřadá
CON10		PSH02-02P	napajeni diody (2piny se zamkem)